



**Уральский
федеральный
университет**

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

**Институт
фундаментального
образования**

**С. В. ЛУКИНСКИХ
Л. В. БАРАНОВА
Т. И. СИДЯКИНА**

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Учебное пособие

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

**С. В. Лукинских
Л. В. Баранова
Т. И. Сидякина**

Инженерная графика. Выполнение рабочих чертежей деталей

.....

Учебное пособие

Рекомендовано методическим советом
Уральского федерального университета для студентов вуза,
обучающихся по направлениям подготовки:
18.03.01 — Химическая технология,
18.03.02 — Энерго- и ресурсосберегающие процессы
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии,
19.03.01 — Биотехнология, 13.03.01 — Теплоэнергетика
и теплотехника, 14.05.02 — Атомные станции: проектирование,
эксплуатация и инжиниринг

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2019

УДК 744.4:004.92(075.8)
ББК 30.11-05я73
Л84

Рецензенты:

кафедра энергетики и транспорта ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет» (завкафедрой *А. О. Прокубовская*);
зам. гл. инженера АО «УПП „Вектор“» канд. техн. наук, доц. *И. Г. Самсонов*

Научный редактор — канд. техн. наук, доц. *Н. В. Семенова*

Лукинских, С. В.

Л84 Инженерная графика. Выполнение рабочих чертежей деталей : учеб. пособие / С. В. Лукинских, Л. В. Баранова, Т. И. Сидякина ; Мин-во науки и высшего образования РФ. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 144 с.
ISBN 978-5-7996-2782-9

Учебное пособие содержит сведения по производству конструкторских чертежей, правила и примеры выполнения чертежей различных деталей. Представлены варианты заданий к домашним и расчетно-графическим работам, а также примеры выполнения работ.

Библиогр.: 13 назв. Табл. 19. Рис. 150. Прил. 4.

УДК 744.4:004.92(075.8)
ББК 30.11-05я73

ISBN 978-5-7996-2782-9

© Уральский федеральный
университет, 2019

ВВЕДЕНИЕ

.....

В курсе «Инженерная графика» студенты знакомятся с различными видами конструкторской документации, а также овладевают практическими навыками ее создания.

Целью данного учебного пособия является ознакомление студентов с правилами выполнения чертежей деталей различного назначения в соответствии с требованиями ГОСТ ЕСКД, выработка знаний и умений создания конструкторской документации.

В пособии рассмотрены положения стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД), касающиеся общих правил выполнения чертежей, приведены примеры чертежей различных деталей.

Для повышения эффективности усвоения теоретического материала и приобретения практических умений и навыков выполнения конструкторской документации в пособие включены варианты заданий для контрольно-оценочных мероприятий:

- **домашнего задания** по теме «Простые разрезы» (прил. 1);
- **расчетно-графической работы** по теме «Сложные разрезы и аксонометрические проекции» (прил. 2).

1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

.....

Все конструкторские документы должны оформляться по правилам, которые устанавливаются государственными стандартами (ГОСТ).

Совокупность конструкторских ГОСТ образуют единую систему конструкторской документации (ЕСКД). Обозначение стандартов в ЕСКД выполняется по следующей схеме:



Цифра 2 служит признаком принадлежности стандарта к ЕСКД. Далее (после точки) записывается № группы стандарта. Групп всего 10: от 0 до 9 (табл. 1). Затем двузначным числом указывается № стандарта в группе и после знака тире — год утверждения стандарта (с 2000 г. обозначение года указывают четырьмя цифрами).

Как видно из табл. 1, общие правила оформления чертежей относятся к 3-й группе ГОСТ ЕСКД. Однако при создании чертежа требуются знания отдельных ГОСТ и из других групп.

Далее в этом разделе рассматриваются наиболее значимые для выполнения учебных чертежей на студенческом уровне стандарты 3-й группы ЕСКД.

Таблица 1

Группы ГОСТ ЕСКД

№ группы п/п	Наименование группы ГОСТ
0	Общие положения
1	Основные положения
2	Классификация и обозначение изделий в конструкторских документах
3	Общие правила оформления чертежей
4	Правила выполнения чертежей машиностроения и приборостроения
5	Правила обращения конструкторских документов (учет, хранение, дублирование, внесение изменений)
6	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации
7	Правила выполнения схем
8	Правила выполнения документов строительных и судостроения
9	Прочие стандарты

1.1. Форматы

В соответствии с **ГОСТ 2.301–68** форматы листов определяются размерами внешней рамки, выполненной тонкой линией.

Форматы разделяются на основные (табл. 2) и производные.

Производные форматы состояются из некоторого числа основных, которое называется кратностью. Обозначение производного состоит из обозначения основного формата и его кратности, например **A4×3**. Габаритные размеры указанного формата — 297×630 (табл. 3)

Все листы, за исключением листа формата A4, могут иметь как книжную, так и альбомную ориентацию. Лист формата A4 может иметь только книжную ориентацию (рис. 1).

Поле формата ограничивают внутренней рамкой, которую проводят на расстоянии 20 мм от левой стороны внешней рамки и на расстоянии 5 мм сверху, снизу и справа. Внутреннюю рамку формата выполняют сплошной толстой линией. Поле шириной 20 мм предназначено для подшивки документов.

Внизу справа, относительно поля для подшивки, выполняют основную надпись чертежа.

Таблица 2

Форматы основные

Обозначение форматов	Размеры форматов, мм
A0	841×1189
A1	594×841
A2	420×594
A3	297×420
A4	210×297

Таблица 3

Форматы производные

Кратность	Формат, мм				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	1189×1682	—	—	—	—
3	1189×2523	841×1783	594×1261	420×891	297×630
4	—	841×2378	594×1682	420×1189	297×841
5	—	—	594×2102	420×1486	297×1051
6	—	—	—	420×1783	297×1261
7	—	—	—	420×2080	297×1471
8	—	—	—	—	297×1682
9	—	—	—	—	297×1892

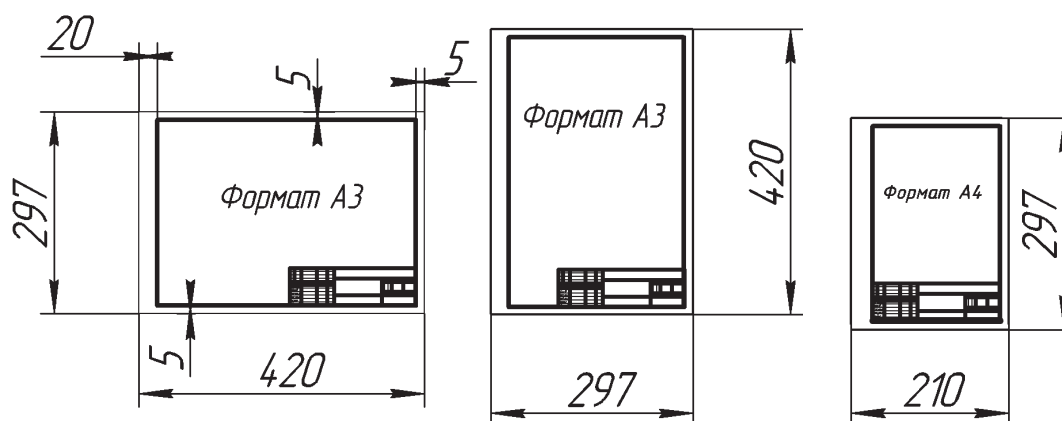


Рис. 1. Форматные рамки листов

Основные форматы получают путем последовательного деления формата с размерами сторон 1189×841, площадь которого равна 1 кв. м, на две равные части параллельно меньшей стороне.

Основная надпись выполняется в соответствии с ГОСТ 2.104–2006 по форме 1 — для чертежей, по форме 2 — для первого листа, по форме 2 а — для второго

и последующих листов текстового документа (допускается использовать для последующих листов графических документов).

a

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата
Студент				
Преод.				
Принял				
Консульт.				
Зав.каф.				

* с изменениями в графе А, принятыми для учебных чертежей

б

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата
Студент				
Преод.				
Принял				
Консульт.				
Зав.каф.				

в

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата
Студент				
Преод.				
Принял				
Консульт.				
Зав.каф.				

Рис. 2 Формы основных надписей:

a — форма 1; *б* — форма 2; *в* — форма 2а

1.2. Масштабы

Масштабом называют отношение линейного размера отрезка на чертеже к соответствующему линейному размеру того же отрезка в натуре. Допустимые масштабы изображений, согласно **ГОСТ 2.302–68**, указаны в табл. 4.

Таблица 4

Масштабы

Тип масштаба	Отношение размеров
Уменьшения	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000
Натуральная величина	1:1
Увеличения	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

Выбранный масштаб указывается в предназначенной для этого графе основной надписи чертежа. Следует отметить, что на чертеже указываются действительные размерные числа независимо от масштаба изображений.

1.3. Линии

Типы линий и их использование на чертежах в соответствии с **ГОСТ 2.303–68** приведены в табл. 5.


Толщина сплошной основной линии выбирается с учетом размеров и сложности чертежа в диапазоне от 0,5 до 1,4 мм.

Толщина остальных типов должна определяться в зависимости от выбранной толщины основной линии (см. табл. 5) и быть одинаковой на всех изображениях выполняемого чертежа. Наименьшее расстояние между линиями, выполненными карандашом, 1 мм.



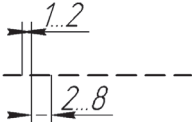
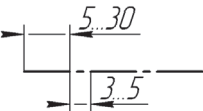
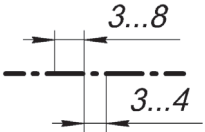
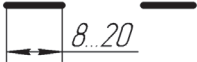

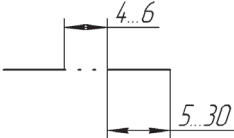
На рис. 4 приведены примеры использования различных типов линий.

Таблица 5

Типы линий

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
Сплошная толстая основная		$S = 0,5 \dots 1,4$ мм	— Линии видимого контура, линии перехода видимые — Линии контура сечения

Окончание табл. 5

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
Сплошная тонкая		От $S/3$ до $S/2$	<ul style="list-style-type: none"> — Линии контура наложенного сечения — Линии размерные и выносные — Линии штриховки — Линии-выноски — Полки линий-выносок и подчеркивание надписей — Линии для изображения пограничных деталей («обстановка») — Линии ограничения выносных элементов — Следы плоскостей
Сплошная волнистая			<ul style="list-style-type: none"> — Линии обрыва — Линии разграничения вида и разреза
Штриховая			<ul style="list-style-type: none"> — Линии невидимого контура — Линии перехода невидимые
Штрихпунктирная тонкая			Линии осевые и центровые
Штрихпунктирная утолщенная		От $S/3$ до $2/3S$	<ul style="list-style-type: none"> — Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию — Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью
Разомкнутая		От S до $1,5S$	Линии сечений
Сплошная тонкая с изломами		От $S/3$ до $S/2$	Длинные линии обрыва
Штрихпунктирная тонкая с двумя точками			<ul style="list-style-type: none"> — Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях — Линии для изображения развертки, совмещенной с видом — Линии сгиба на развертках

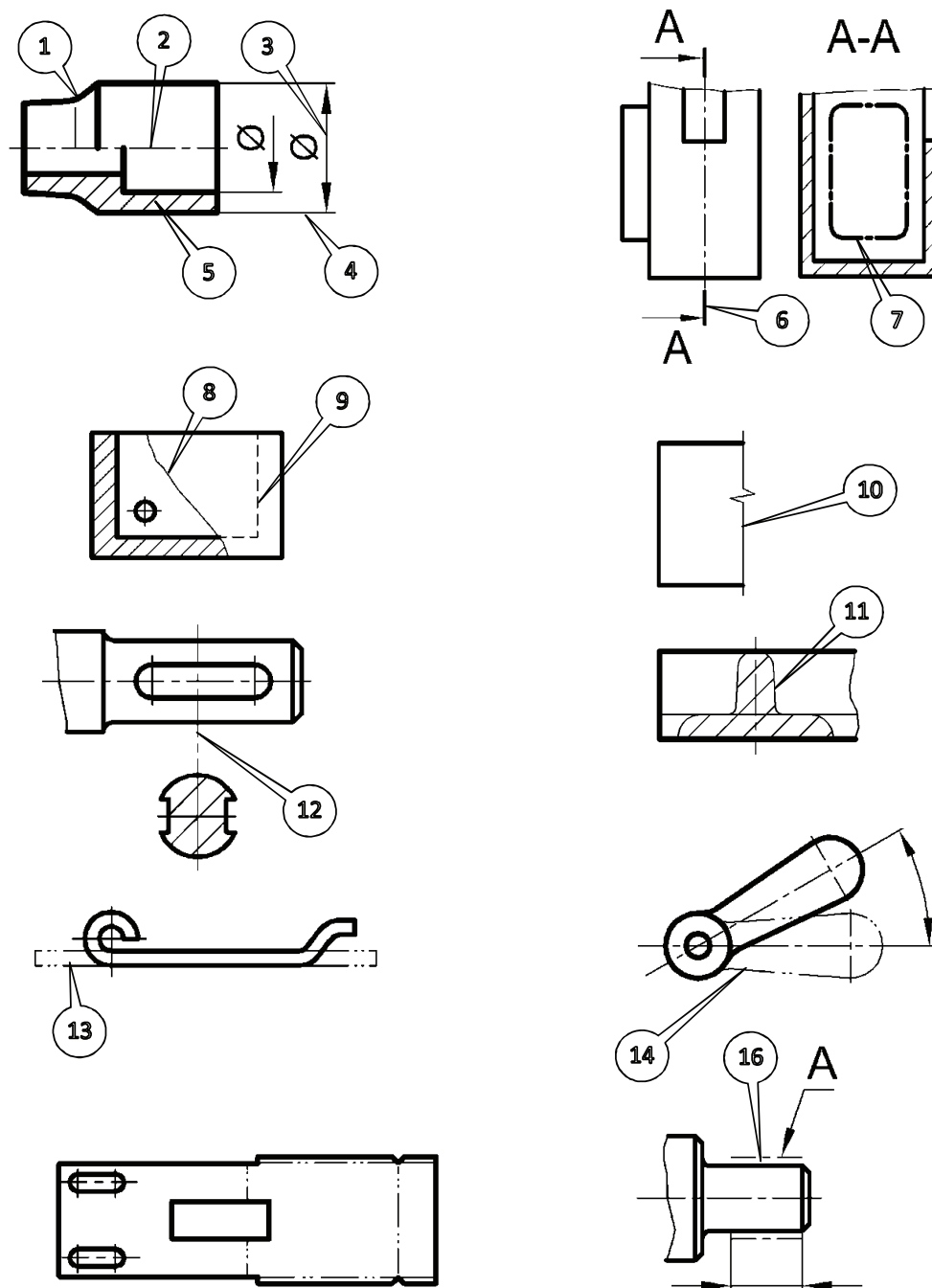


Рис. 4. Примеры использования различных типов линий:

- 1 — линия плавного перехода поверхностей; 2 — линия осевая; 3 — линия размерная; 4 — линия выносная;
 5 — линии штриховки; 6 — разомкнутая линия (для обозначения линии сечения); 7 — линия для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция»);
 8 — линия обрыва; 9 — линия невидимого контура; 10 — длинная линия обрыва; 11 — линия наложенного сечения; 12 — линия сечения, являющаяся осью симметрии для вынесенного сечения;
 13 — линия для изображения развертки, совмещенной с видом; 14 — линия для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях; 15 — линия сгиба на развертках; 16 — линия, обозначающая поверхности, подлежащие термообработке или покрытию

Нанесение центровых линий на изображения фигур (окружностей и др.), размеры которых меньше 12 мм, следует выполнять сплошными тонкими линиями (рис. 5).

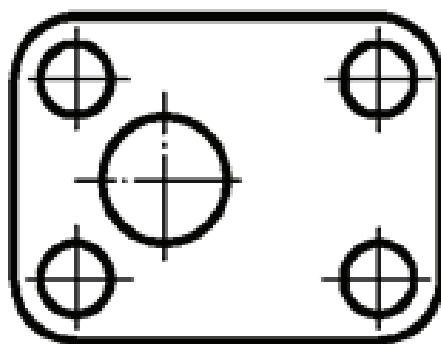


Рис. 5. Центровые линии в отверстиях

1.4. Шрифты чертежные

Нанесение текстовых надписей, размерных чисел и пр. на чертеже выполняется чертежным шрифтом по **ГОСТ 2.304–81**.

На рис. 6 указаны основные геометрические параметры шрифта:

h — размер шрифта, соответствует высоте прописной буквы в мм;

c — высота строчных букв, задается отношением к размеру шрифта h , например, $c = 7/10h$;

g — ширина букв, определяется в зависимости от размера шрифта h , например, $g = 6/10h$, или в зависимости от толщины линий шрифта: $g = 6d$;

d — толщина линии, определяется размером шрифта h и типом (А или Б).

Установлены два типа шрифта:

- тип А с толщиной линии $d = 1/14h$;
- тип Б с толщиной линии $d = 1/10h$;

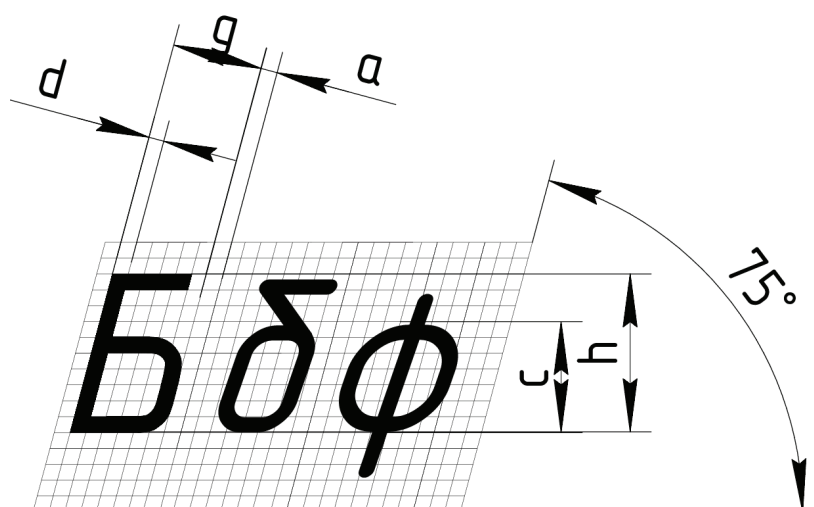


Рис. 6. Основные геометрические параметры чертежного шрифта

Оба шрифта выполняются с наклоном 75° или без наклона. На рис. 7 показан пример написания русских букв и арабских цифр шрифтом типа Б с наклоном.



Рис. 7. Пример написания букв и цифр шрифтом типа Б с наклоном

Размеры основных параметров этого шрифта приведены в табл. 6.

Таблица 6

Размеры основных параметров шрифта типа Б

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер		Размеры, мм			
Размер шрифта — высота прописных букв	h	$(10/10)h$	$10d$	3,5	5,0	7,0	10,0
Высота строчных букв	c	$(7/10)h$	$7d$	2,5	3,5	5,0	7,0
Расстояние между буквами	a	$(2/10)h$	$2d$	0,7	1,0	1,4	2,0
Минимальный шаг строк	b	$(17/10)h$	$17d$	6,0	8,5	12,0	17,0
Минимальное расстояние между словами	e	$(6/10)h$	$6d$	2,1	3,0	4,2	6,0
Толщина линий шрифта	d	$(1/10)h$	d	0,35	0,5	0,7	1,0

1.5. Графическое обозначение материалов на чертежах

Графические обозначения материалов в сечениях должны соответствовать приведенным в **ГОСТ 2.306–68** обозначениям (табл. 7).

Если графическое обозначение материала включает наклонные линии, то они проводятся под углом 45° к горизонтали. Исключение составляют случаи, когда линии контура или оси наклонены к горизонтали тоже под углом 45° . В таких изображениях штриховку выполняют под углом 30 или 60° (рис. 8).

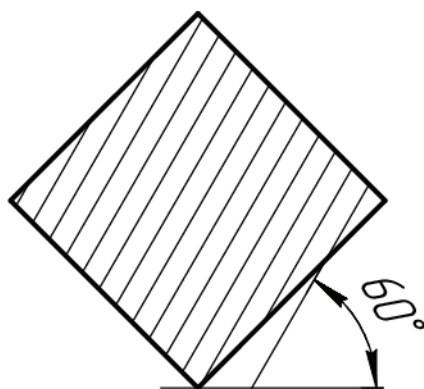


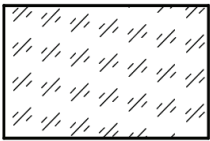
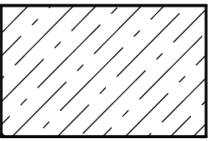
Рис. 8. Выполнение штриховки в случае, если линии контура или осевые линии выполнены под углом 45°

Узкие площади сечений, ширина которых на чертеже 2 мм и менее, допускается показывать зачерненными.

Таблица 7

Графическое обозначение материалов на чертежах

Материал	Обозначение
Металлы и твердые сплавы	
Неметаллические материалы	
Керамика и силикатные материалы для кладки	

Материал	Обозначение
Стекло и другие светопрозрачные материалы	
Жидкости	
Бетон	
Грунт естественный	

1.6. Нанесение размеров

Размеры на чертеже, в соответствии с **ГОСТ 2.307–2011**, указывают размерными числами и выносными и размерными линиями. Не допускается проводить выносные линии от штриховых линий невидимого контура.

Единицы измерения линейных размеров — миллиметры — на чертеж не наносятся. Единицы измерения угловых размеров — градусы, минуты, секунды — наносятся на чертеж (рис. 9).

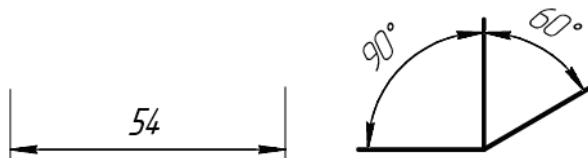


Рис. 9. Указание размеров на чертежах

Линейные размеры обычно формируются из размерной линии, которую проводят параллельно измеряемому отрезку, и двух выносных линий, исходящих от концов отрезка перпендикулярно размерной линии и выступающих за ее концы на 1...5 мм (рис. 10). На оба конца размерной линии наносят стрелки (рис. 11).

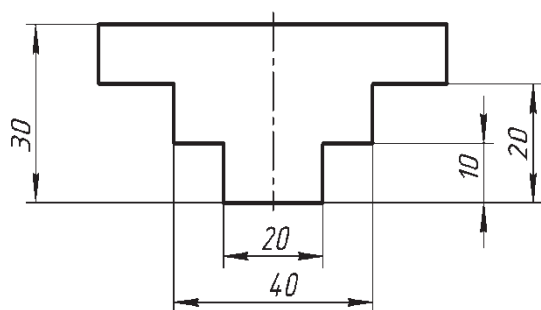


Рис. 10. Нанесение линейных размеров

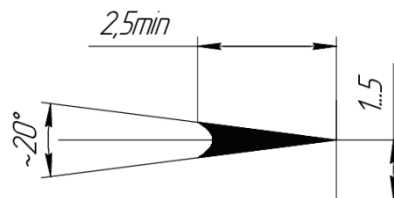


Рис. 11. Форма и ориентировочные размеры стрелок

Нанесение размера угла выполняется размерной линией в виде дуги; выносные линии проводятся радиально (рис. 12).

Простановка размеров должна обеспечить удобство пользования чертежом. Некорректная простановка размеров усложняет понимание чертежа, может привести к неправильному его толкованию и, как следствие, к браку. При нанесении размеров следует правильно расположить выносные и размерные линии, желательно снаружи от изображения (см. рис. 10).

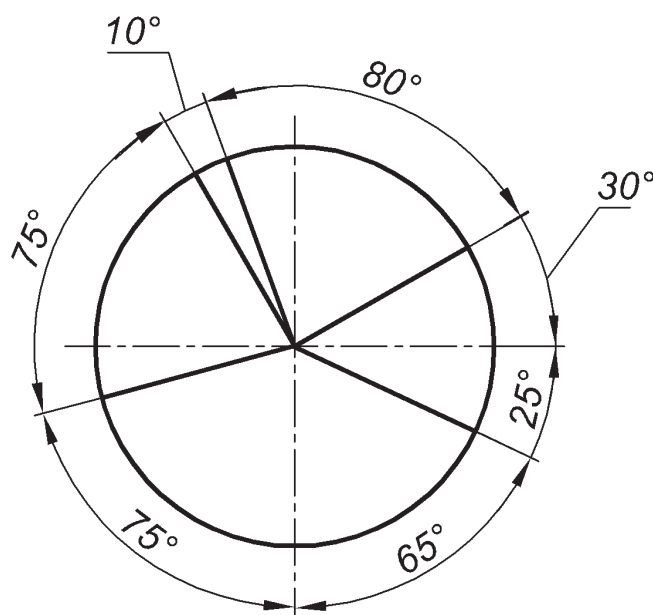


Рис. 12. Нанесение размеров угла

ГОСТ не допускает совпадения размерных линий с любыми другими линиями на чертеже или пересечения их другими линиями. Такое категорическое запрещение в ГОСТ не относится к выносным линиям, однако рекомендуется также избегать пересечений. Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями — 7 мм (рис. 13, а), а между размерной линией и линией контура — 10 мм (рис. 13, б); при этом выносная линия должна выступать за размерную линию (см. рис. 13, б) на 1...5 мм.

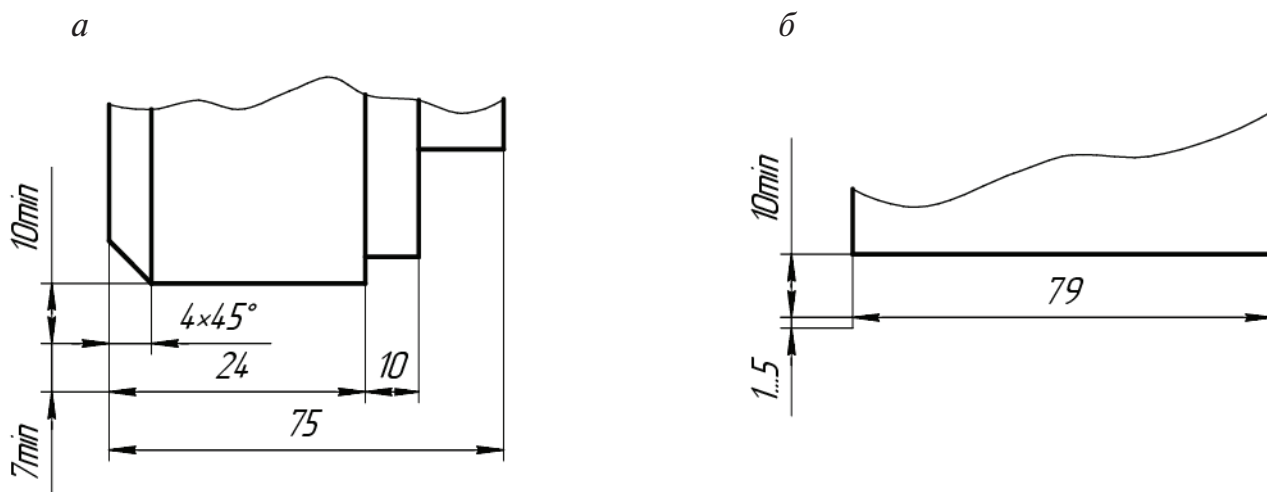


Рис. 13. Элементы размеров:

a — минимальное расстояние между размерными линиями и размерной линией и линиями контура; *b* — положение выносной линии относительно размера

Числовое значение размера следует указывать над размерной линией или на полке линии-выноски (рис. 14). Расстояние между размерным числом и размерной линией должно быть приблизительно 0,5–2 мм в зависимости от формата изображения.

Размерное число необходимо наносить в месте, свободном от любых линий. Если такой возможности нет, то для освобождения места следует прервать линии, как показано на рис. 15.

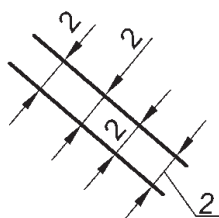


Рис. 14. Нанесение размерных чисел на чертеже

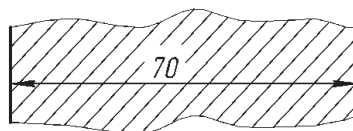


Рис. 15. Нанесение размерного числа в поле штриховки на чертеже

При указании размера окружности используют специальный знак диаметра (рис. 16, 17).

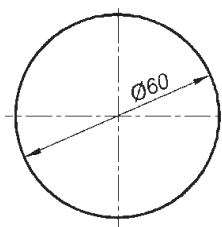


Рис. 16. Условное обозначение диаметра окружности

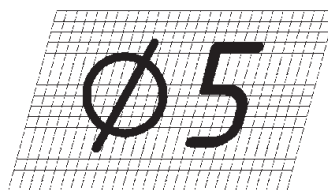


Рис. 17. Пример указания размера диаметра окружности

На рис. 18 показаны другие способы указания размера диаметра окружности.

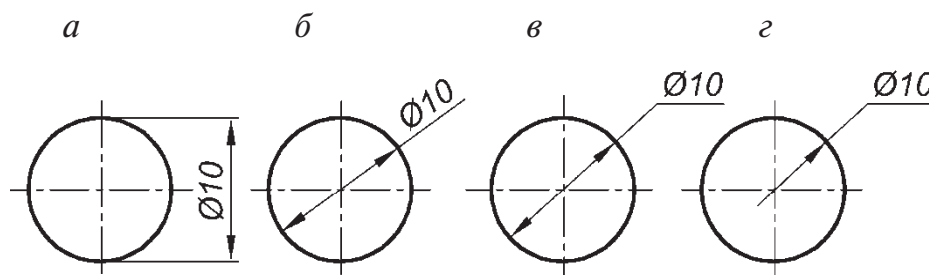


Рис. 18. Различные способы указания размера диаметра окружности:

а — расположение размера внутри выносных линий; *б* — размер располагается снаружи от размерных линий; *в* — размеры располагаются на горизонтальной полке; *г* — размерная линия с одной стрелкой

Указание размера радиусов выполняют с использованием специального знака радиуса (рис. 19, 20).

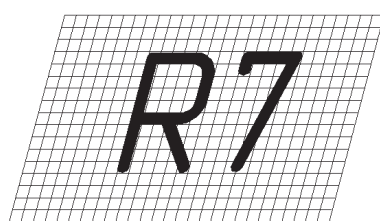


Рис. 19. Условное обозначение радиуса на чертеже

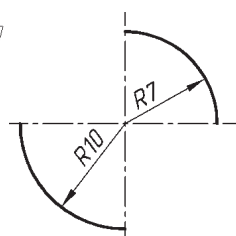


Рис. 20. Пример указания размера нескольких радиусов на чертеже

На рис. 20 показан пример указания на чертеже двух радиусов, проведенных из одного центра. При этом их размерные линии не должны составлять одну прямую линию.

Разрешается не указывать центр дуги окружности при нанесении размера радиуса, если в этом нет необходимости. При этом линию размера можно укорачивать (рис. 21).

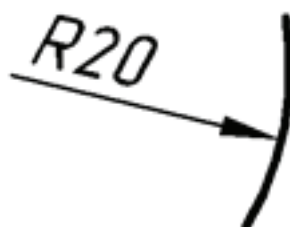


Рис. 21. Пример указания размера радиуса без указания положения центра

Размер радиуса большой величины указывают ломаной под прямым углом линией, которая проводится от условно приближенного по оси центра дуги (рис. 22).

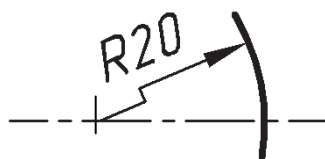


Рис. 22. Пример указания размера радиуса большой величины

Нанесение размеров радиусов скруглений следует выполнять так, как указано на рис. 23.

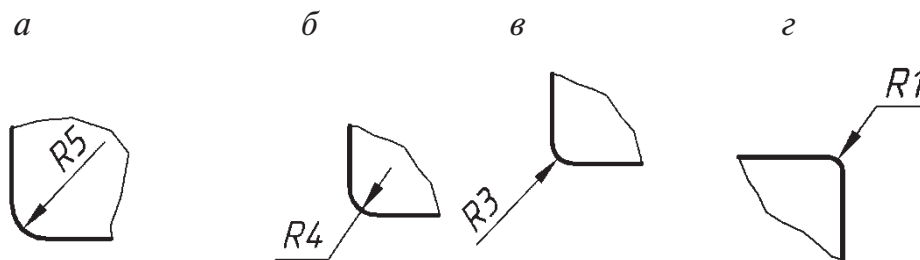


Рис. 23. Нанесение размера радиуса скругления:

а — указание размера радиуса внутри контура детали; *б, г* — указание размера радиуса на горизонтальной полке; *в* — указание размера радиуса снаружи от контура детали

Указание размера квадратного профиля допускается выполнять при помощи двух размеров (рис. 24) или одним размером с использованием условного обозначения (рис. 25–27).

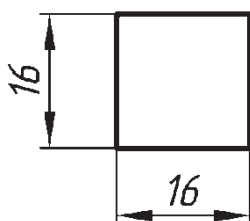


Рис. 24. Указание размеров квадрата при помощи двух размеров



Рис. 25. Указание размеров квадрата с использованием условного обозначения

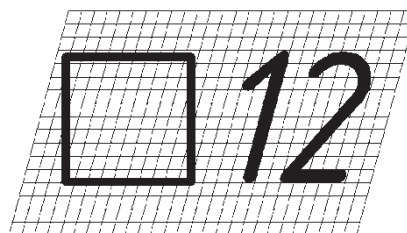


Рис. 26. Условное обозначение квадрата

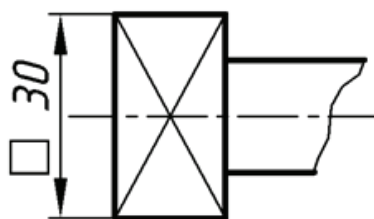


Рис. 27. Указание размеров квадрата, лежащего в плоскости, перпендикулярной плоскости чертежа

1.7. Выполнение изображения детали

Изображение детали на чертеже должно выполняться в соответствии с **ГОСТ 2.305–2008** в виде совокупности ее ортогональных проекций (видов, разрезов, сечений, выносных элементов). При этом необходимо обеспечить полное представление о форме детали, используя минимальное количество проекций. Для уменьшения количества проекций рекомендуется широко использовать соединения частей видов и разрезов на одной проекции. Допускается также с этой целью использовать линию невидимого контура (штриховую). Однако следует учитывать, что разрезы и сечения обеспечивают более наглядное представление о форме невидимых частей детали и являются предпочтительными.

Чтобы улучшить восприятие графической информации следует максимально упрощать изображения путем использования условностей и упрощений, регламентированных **ГОСТ 2.305–2008**.

Чертеж любого предмета состоит из совокупности изображений (проекций) данного предмета, выполняемых по методу ортогонального проецирования на различных плоскостях проекций.

В **ГОСТ 2.305–2008** принято шесть основных взаимно перпендикулярных плоскостей проекций, образующих грани куба (рис. 28).

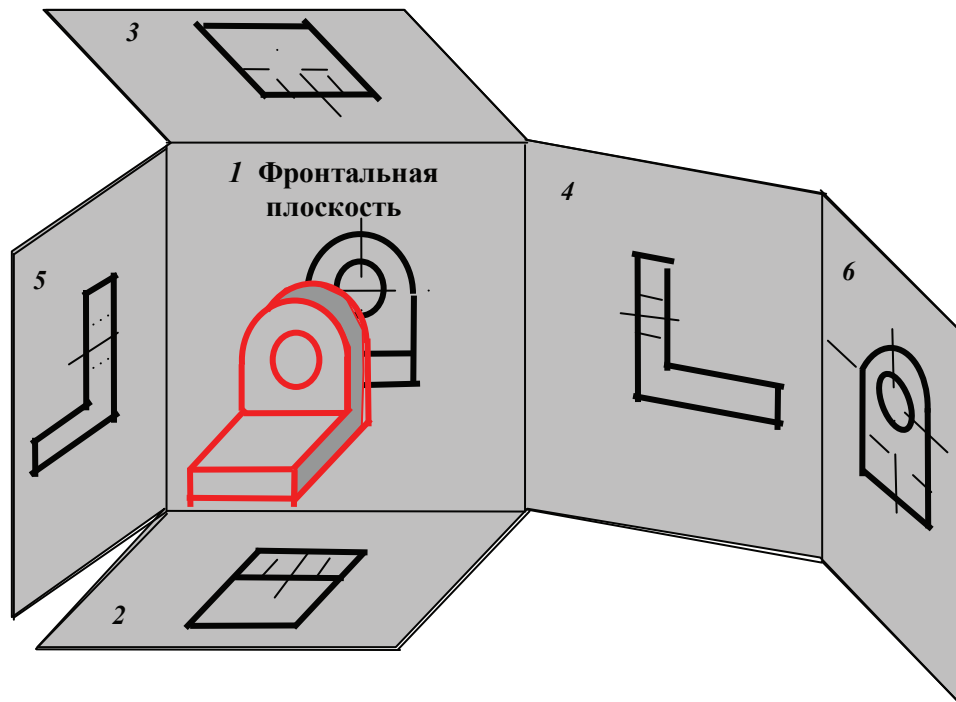


Рис. 28. Основные плоскости проекций:

1 — фронтальная плоскость проекций; 2 — горизонтальная плоскость проекций для вида «сверху»; 3 — горизонтальная плоскость проекций для вида «снизу»; 4 — профильная плоскость проекций для вида «слева»; 5 — профильная плоскость проекций для вида «справа»; 6 — фронтальная плоскость проекций для вида «сзади»

При расположении предмета относительно плоскостей проекций следует руководствоваться тем, что изображение на фронтальной плоскости проекций считается главным и должно наилучшим образом отображать форму и размеры предмета.

На чертеже грани куба вместе с полученными на них изображениями разворачиваются и совмещаются с фронтальной плоскостью проекций (рис. 29).

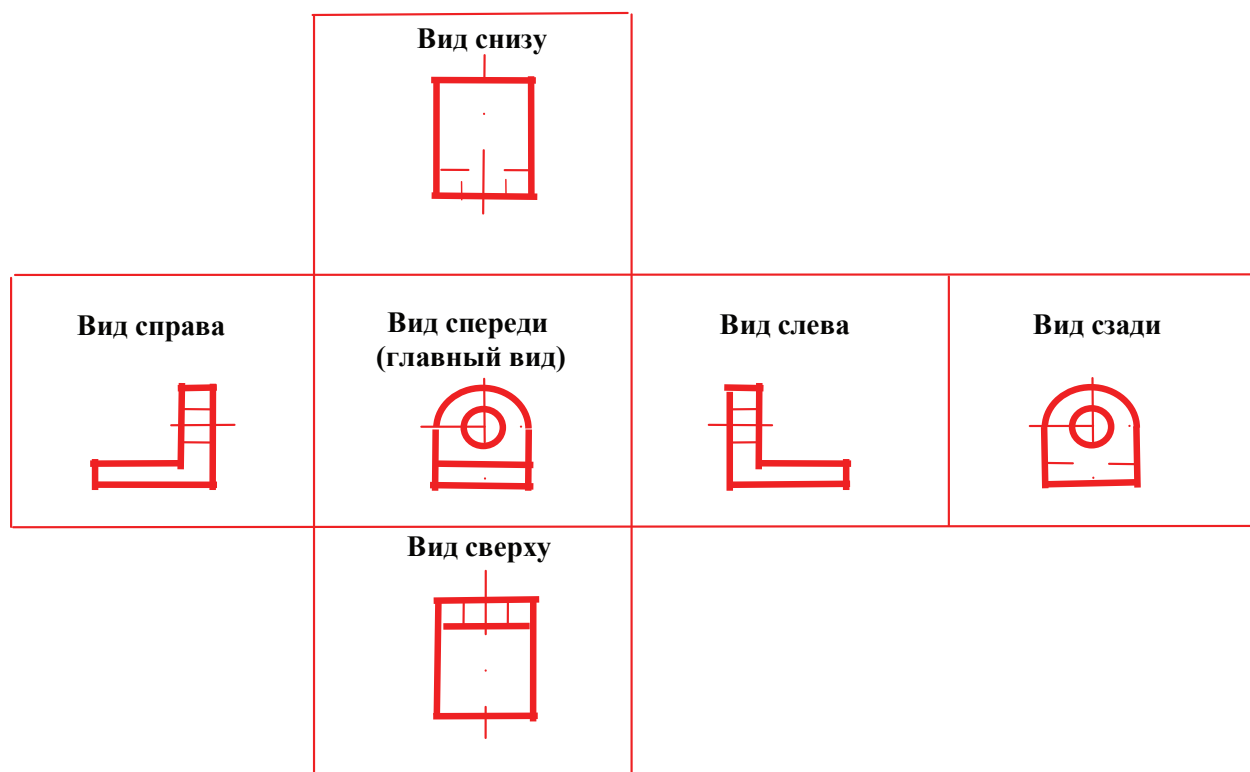


Рис. 29. Грани куба, совмещенные с фронтальной плоскостью проекций вместе с полученными на них изображениями

Количество изображений на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы обеспечить полное представление о предмете.

ГОСТ 2.305–2008 устанавливает следующие типы изображений:

- виды;
- разрезы;
- сечения.

1.7.1. Виды

В соответствии с **ГОСТ 2.305–2008** видом называется ортогональная проекция обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета.

Для уменьшения количества изображений на видах допускается показывать штриховыми линиями невидимые части предмета.

Основные виды

В соответствии с основными плоскостями проекций выделяют шесть *основных* видов:

- спереди (главный вид, получается на фронтальной плоскости проекций);
- сверху;
- слева;
- справа;
- снизу;
- сзади.

При выполнении чертежа сначала следует определить вид детали на фронтальной плоскости проекций, который принимают в качестве главного.

Главный вид должен наилучшим образом отображать геометрию детали. Правильный выбор главного изображения позволяет сократить количество остальных изображений детали, сделать их более информативными и менее насыщенными.

Виды на чертеже желательно располагать в проекционной связи с главным изображением. В этом случае название видов на чертеже не подписывается.

В противном случае на чертеже должно быть указано направление взгляда на предмет стрелкой, над которой помещается обозначение вида, а над соответствующим видом помещается буква, назначенная данному виду.

ГОСТ 2.305–2008 устанавливает форму и соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда (рис. 30).

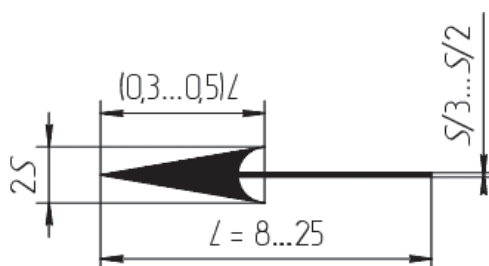


Рис. 30. Форма и соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда

Виды обозначают прописными буквами. Буквы назначают в порядке их следования в алфавите. Не допускается пропускать или повторять букву.

Буквы обозначений следует наносить на чертеж шрифтом, размер которого приблизительно в два раза должен быть больше размера шрифта, используемого для чисел размеров на чертеже (**ГОСТ 2.316–2008**).

На рис. 31 приведен пример расположения основных видов. Виды сверху и слева выполнены в проекционной связи с главным видом и поэтому они не обозначены. С целью более рационального использования поля чертежа виды снизу и справа расположены не в проекционной связи относительно главного вида. Поэтому им присвоены обозначения (виду снизу — А, виду справа — Б), помещенные над стрелками, указывающими направление взгляда наблюдателя относительно главного вида, а над соответствующими видами помещены те же буквы (А и Б).

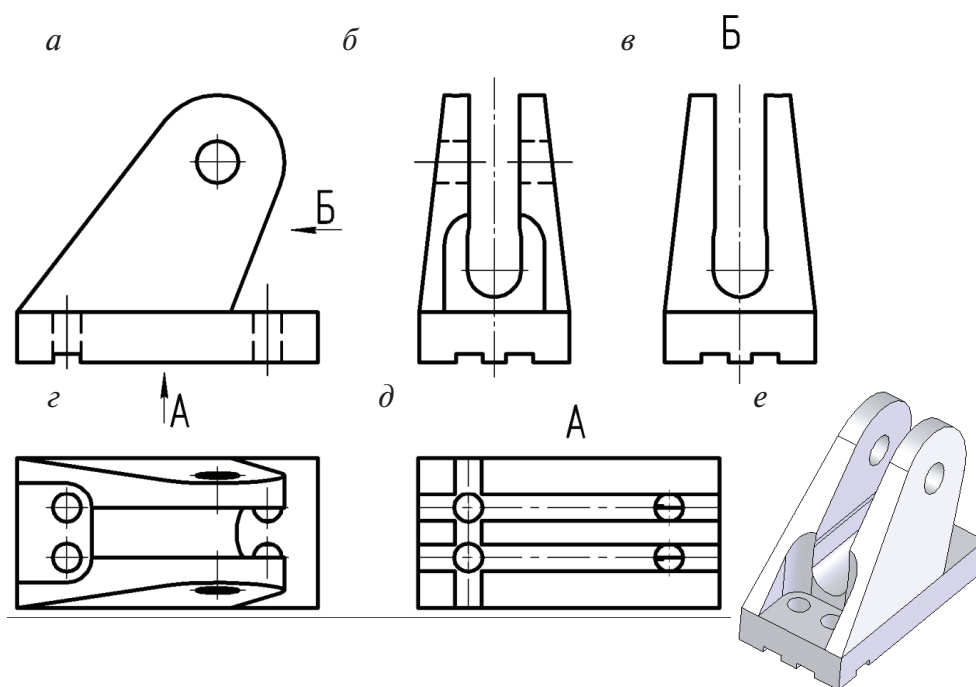


Рис. 31. Пример расположения основных видов:

a — главный вид; *б* — вид слева; *в* — вид справа; *г* — вид сверху; *д* — вид снизу; *е* — модель детали

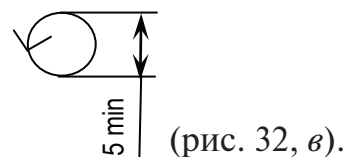
Дополнительные виды

Дополнительными называются виды, получаемые на наклонных плоскостях проекций. Их используют, если деталь имеет какие-либо элементы, расположенные не параллельно основным плоскостям, вследствие чего не удастся указать их истинные размеры. В этом случае вводят дополнительную плоскость с таким расчетом, чтобы данная часть предмета проецировалась на нее без искажения формы и размеров.

Дополнительный вид не обозначают, если он выполнен в проекционной связи с основным видом (рис. 32, *а*), и обозначают, если он не находится в непосредственной проекционной связи (рис. 32, *б*).

Для удобства выполнения и чтения чертежа дополнительный вид допускается

поворачивать. При этом к надписи добавляется знак:



(рис. 32, *в*).

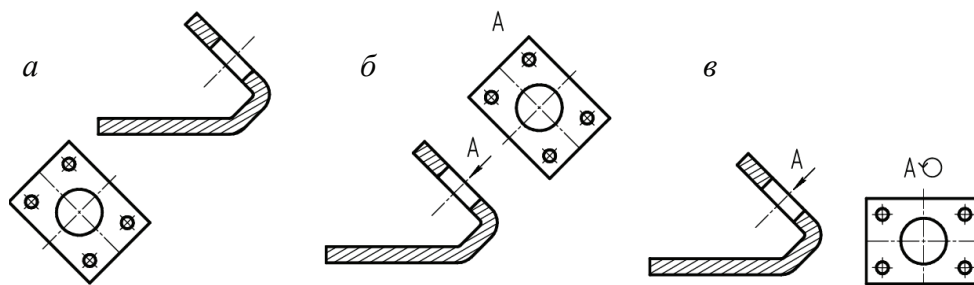


Рис. 32. Варианты выполнения дополнительных видов:

а — в проекционной связи с основным видом;

б — проекционная связь нарушена; *в* — дополнительный вид повернут

Местные виды

Местные виды используются для изображения какой-либо части предмета. Их отмечают на чертеже по тем же правилам, что и дополнительные виды. На рис. 33 местный вид находится в непосредственной проекционной связи с главным изображением, поэтому он не отмечается.

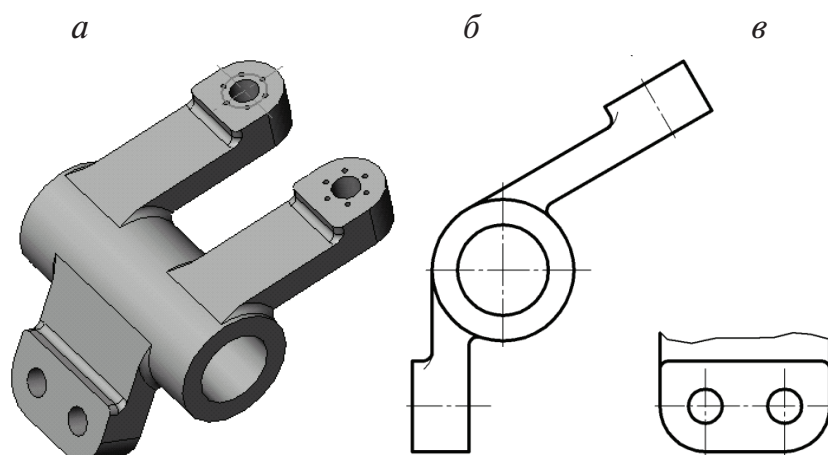


Рис. 33. Пример выполнения местного вида, находящегося в непосредственной проекционной связи с основным видом:

a — модель детали; *б* — главное изображение; *в* — местный вид

Местный вид может быть ограничен линией обрыва (рис. 34, *в*) или не ограничен (рис. 34, *г*).

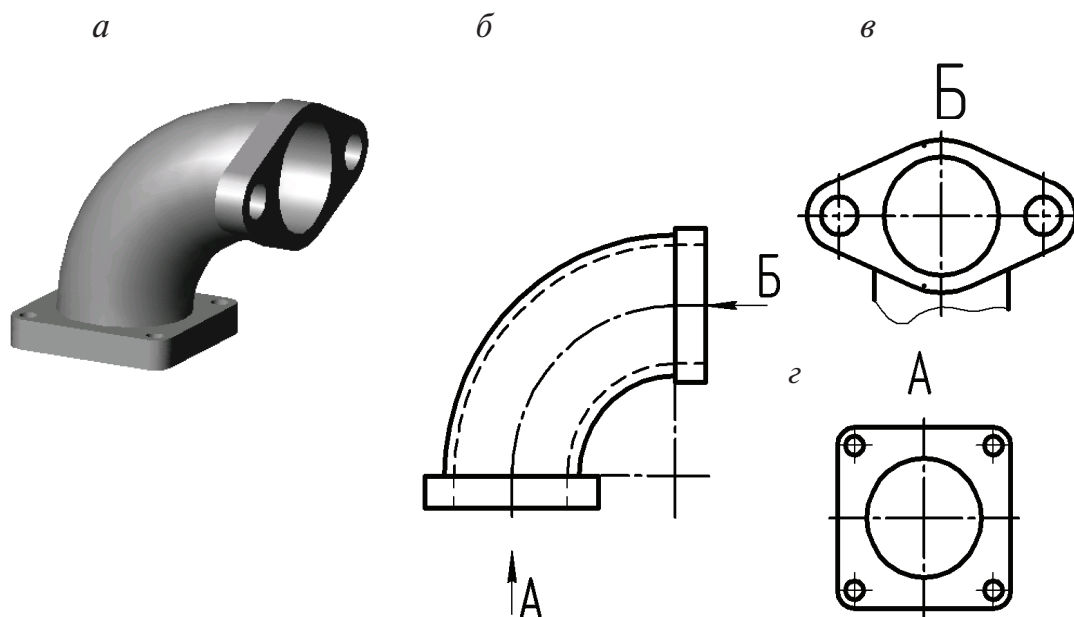


Рис. 34. Пример выполнения местного вида, не находящегося в непосредственной проекционной связи с основным видом:

a — модель детали; *б* — главное изображение детали;
в — местный вид справа; *г* — местный вид снизу

1.7.2. Разрезы

Применение и образование разрезов

Внутреннее строение предмета на чертеже можно показать при помощи линий невидимого контура, разрезов и сечений. Однако использование линий невидимого контура затрудняет чтение чертежа.

Разрезы обеспечивают более наглядное представление о форме невидимых частей детали и являются предпочтительными. Кроме того, разрезы необходимы для задания размеров внутренних поверхностей предмета, так как выносные и размерные линии наносят только от линий видимого контура.

В соответствии с **ГОСТ 2.305–2008** *разрезом* называется ортогональная проекция предмета, мысленно рассеченного полностью или частично одной или несколькими плоскостями для выявления его невидимых поверхностей.

При этом часть детали, находящейся перед секущей плоскостью, мысленно удаляют, а на плоскости проекций строят проекцию оставшейся части детали.

На разрезе основными сплошными линиями показывается изображение, полученное в секущей плоскости, и видимые части детали за секущей плоскостью.

ГОСТ допускает изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если этого не требуется для понимания предмета.

При выполнении разреза на чертеже задают положение секущей плоскости штрихами разомкнутой линии: с двух внешних сторон от изображения наносят по одному штриху, не пересекая изображения. Перпендикулярно штрихам (на расстоянии 2–3 мм от внешнего конца штриха) проводят стрелки, указывающие направление взгляда. С внешней стороны от стрелки ставится буква обозначения. Разрез обозначается надписью следующего формата: А–А.

В разрезах на рассеченные части детали (за исключением пустот) наносится графическое обозначение материала в соответствии с **ГОСТ 2.306–68**. Наиболее часто встречающиеся в машиностроении металлические детали обозначаются штриховкой параллельными линиями с наклоном в одну или другую сторону под углом 45° к линии контура изображения, или к его оси, или к линиям рамки чертежа.

Наклон линий штриховки должен быть одинаковым на всех изображениях, относящихся к одной и той же детали. Шаг штриховки (расстояние между штрихами) на всех проекциях детали следует задавать одинаковым в диапазоне от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки.

В **ГОСТ 2.305** устанавливаются следующие типы разрезов:

- простые;
- сложные;
- местные.

Простые разрезы

Простые разрезы образуются при использовании одной секущей плоскости. В качестве секущих могут применяться горизонтальные, фронтальные, профильные плоскости, параллельные соответствующим плоскостям проекций, а также наклонные плоскости — не параллельные ни одной из плоскостей проекций.

В соответствии с используемой секущей плоскостью простые разрезы разделяются на следующие типы:

- вертикальные (фронтальные и профильные);
- горизонтальные;
- наклонные.

Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы стараются помещать на соответствующих основных плоскостях проекций, заменяя основной вид.

Примеры выполнения простых горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов приведены на рис. 35–39, 41.

Во многих случаях на чертеже нет необходимости выполнять полный разрез или полный вид. Для уменьшения количества изображений допускается на одном изображении совмещать часть вида и часть соответствующего разреза или половину вида и половину разреза симметричной фигуры. В первом случае разделительной линией служит тонкая волнистая линия, а во втором — их общая ось симметрии.

При выполнении разреза симметричной детали разрез не обозначают и положение секущей плоскости не показывают при соблюдении следующих условий:

- секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии детали;
- изображение разреза находится в проекционной связи с главным изображением;
- между изображениями главного вида и разреза не расположены другие изображения.

На рис. 35 соединена половина вида спереди с половиной фронтального разреза и половина вида слева с половиной профильного разреза. Поскольку и фронтальная и профильная секущие плоскости совпадают с плоскостями симметрии детали, то их положение на чертеже не указывают и буквенное обозначение разрезов не выполняют. При выполнении фронтального разреза секущая плоскость проходит вдоль тонкой стенки, называемой ребром жесткости. В соответствии с **ГОСТ 2.305–2008** такие элементы показываются незаштрихованными.

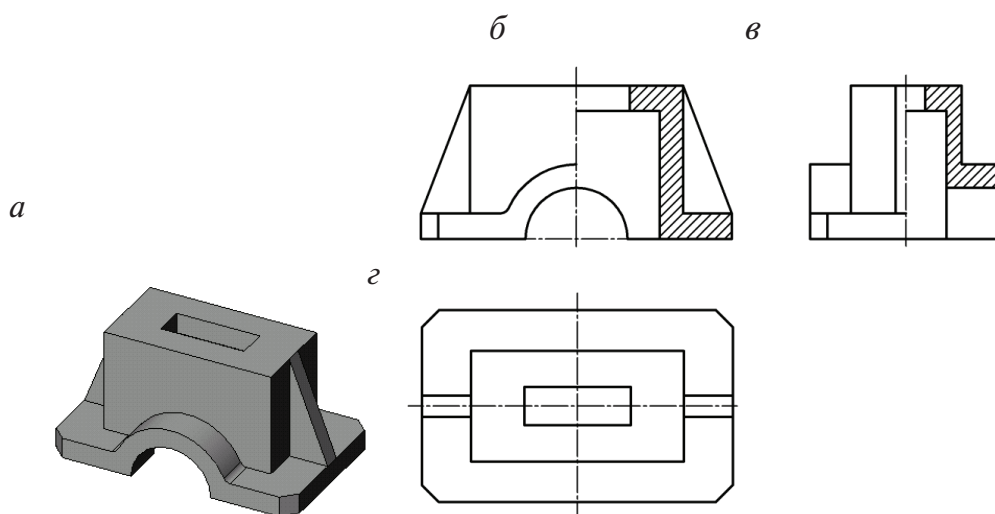


Рис. 35. Пример соединения части вида и части разреза:

a — 3D-модель детали; *б* — главное изображение (половина вида спереди и половина фронтального разреза); *в* — половина вида слева и половина профильного разреза; *г* — вид сверху

В остальных случаях следует обозначать разрезы и показывать положение секущей плоскости. Например, на рис. 36 фронтальный разрез, изображенный на месте вида спереди, не обозначен, поскольку он образован плоскостью, проходящей через плоскость симметрии детали. Горизонтальный разрез, выполненный на месте вида сверху, образован секущей плоскостью А—А, которая не совпадает с плоскостью симметрии детали, поэтому разрез обозначен. На месте вида слева совмещены половина профильного разреза, образованного секущей плоскостью Б—Б, и половина вида слева, разделенные осью симметрии, поскольку эти изображения симметричны. Плоскость Б—Б не совпадает с плоскостью симметрии детали, поэтому профильный разрез также обозначен.

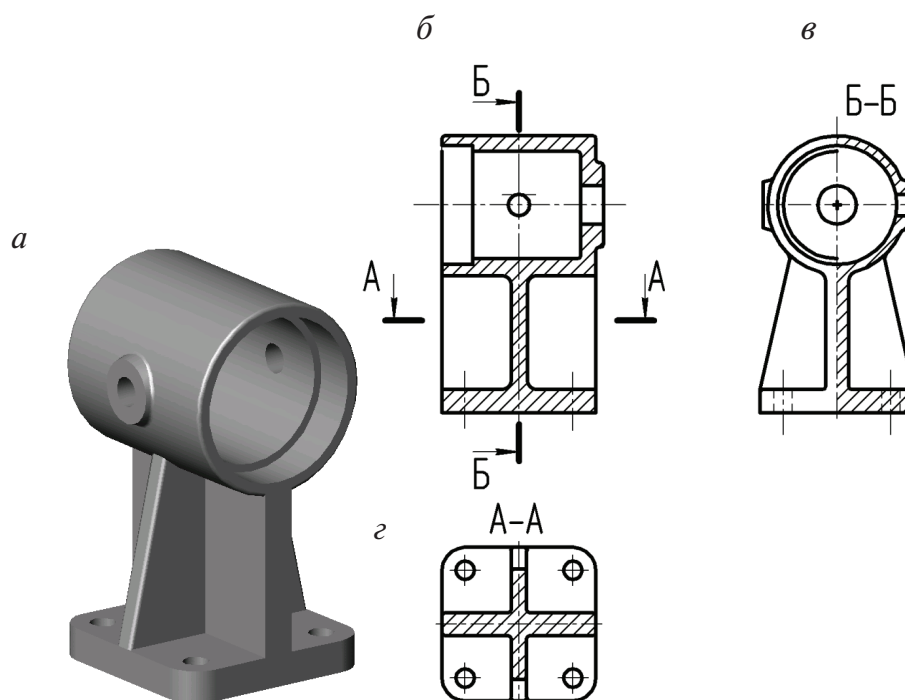


Рис. 36. Пример выполнения простых разрезов:

а — 3D-модель детали; *б* — главное изображение — фронтальный разрез;
в — половина вида и половина профильного разреза; *г* — горизонтальный разрез

Если при совмещении вида и разреза линии контура детали совпадают с осью симметрии, то часть вида и часть разреза разделяют сплошной тонкой волнистой линией обрыва, показывая тем самым часть вида (внешний контур), рис. 37, или часть разреза (внутренний контур), рис. 38.

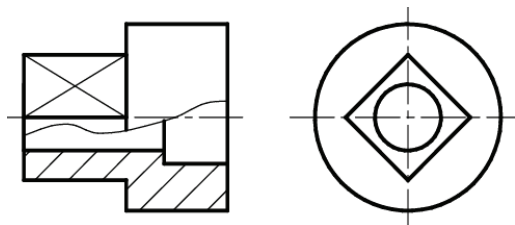


Рис. 37. Совмещение вида и разреза при совпадении линии внешнего контура детали с осью симметрии

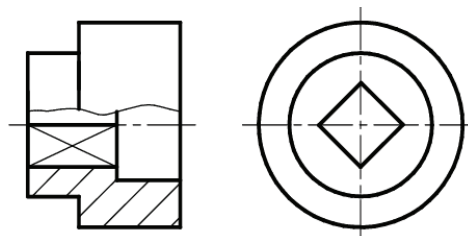


Рис. 38. Совмещение вида и разреза при совпадении линии внутреннего контура детали в отверстии с осью симметрии

В наклонных разрезах в любом случае разрез подписывают и указывают положение секущей плоскости (рис. 39).

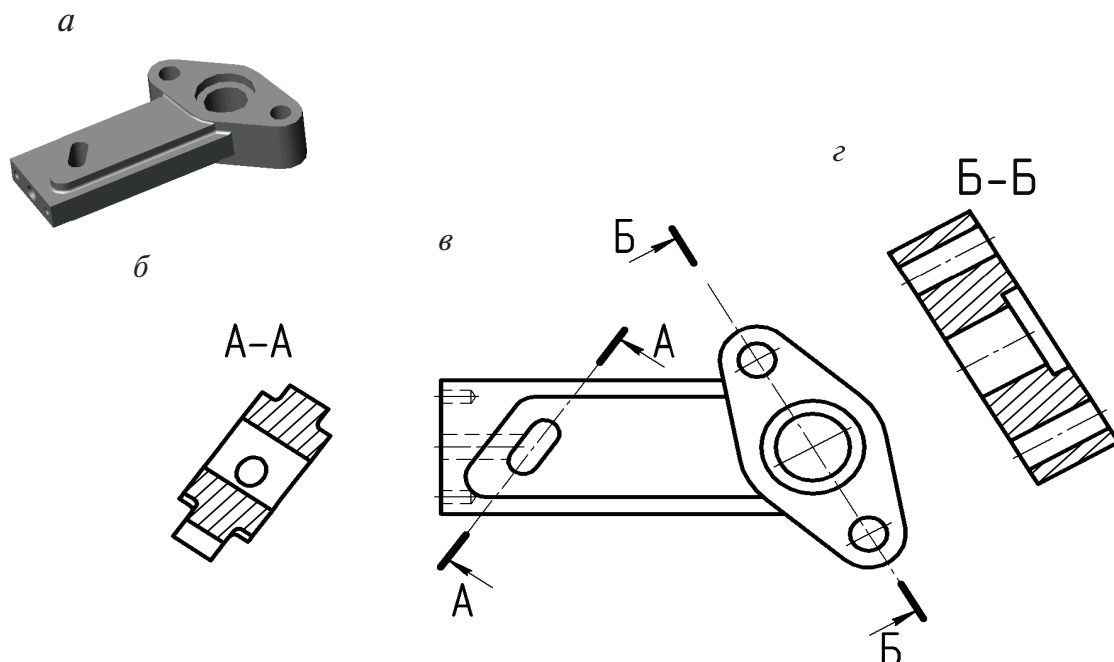


Рис. 39. Пример выполнения наклонных разрезов:

а — 3D-модель детали; *б* — наклонный разрез (не в проекционной связи с главным изображением);
в — главное изображение (вид спереди); *г* — наклонный разрез (в проекционной связи с главным изображением)

На рис. 40 изображена деталь «Проушина», а на рис. 41 приведен пример чертежа этой детали, в котором используются простые разрезы.

Вид спереди (главное изображение) и вид слева являются симметричными, поэтому на этих изображениях совмещаются половины видов с половиной соответствующих разрезов. Разрезы не обозначаются.

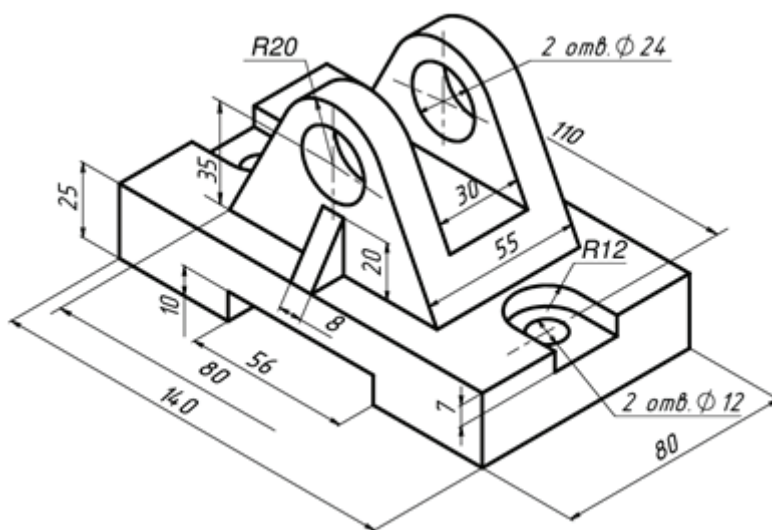


Рис. 40. Изображение детали «Проушина»



Сложные разрезы

Сложные разрезы образуются двумя и более секущими плоскостями. Они позволяют сократить количество изображений на чертеже, поэтому являются предпочтительными.

Сложные разрезы бывают:

- ступенчатыми;
- ломаными.

Ступенчатые разрезы образуются несколькими параллельными секущими плоскостями (рис. 42). Изображение разреза составляется из изображений, полученных в каждой секущей плоскости. При этом на изображении не показывают границы секущих плоскостей.

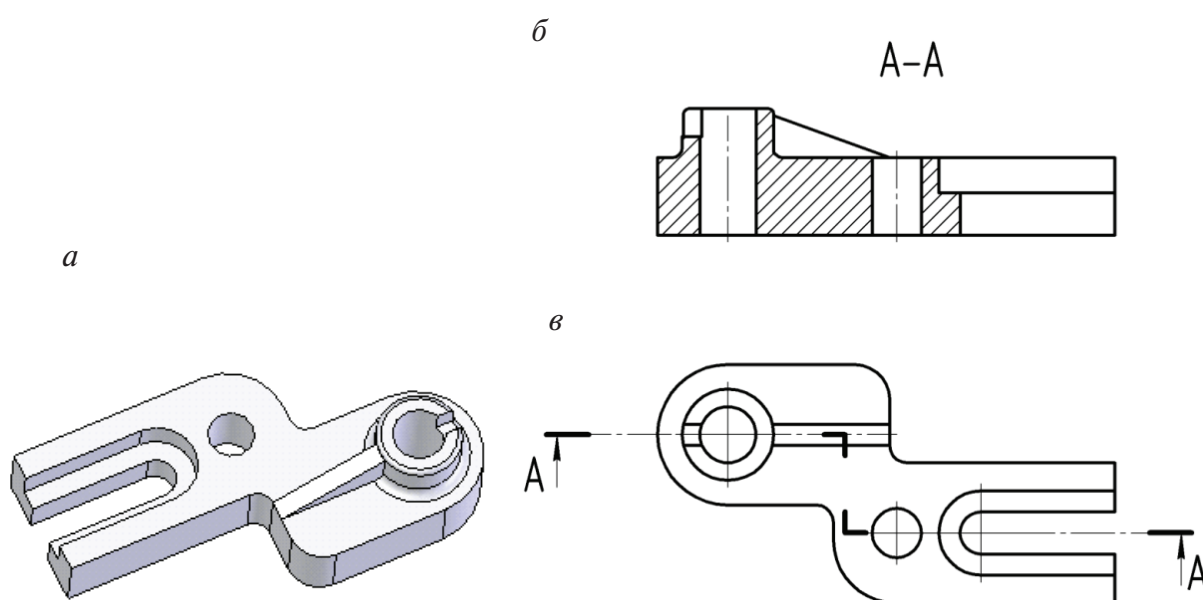


Рис. 42. Пример ступенчатого разреза:

а — 3D-модель детали; *б* — главное изображение (сложный ступенчатый разрез); *в* — вид сверху

Ломанные разрезы образуются пересекающимися плоскостями (например, разрез А—А, рис. 43). При изображении разреза плоскости, образующие разрез, поворотом вокруг линии их пересечения совмещают в одну. Если при этом полученная плоскость окажется параллельной какой-либо основной плоскости проекций, то ломаный разрез допускается поместить на месте соответствующего основного вида.

При выполнении сложного разреза положение секущих плоскостей на чертеже обязательно указывается разомкнутой линией. При обозначении ступенчатого разреза мест перехода от одной секущей плоскости к другой отмечают штрихами с изломом под углом 90° .

При обозначении ломаного разреза штрихами разомкнутой линии указывают место пересечения секущих плоскостей. На начальном и конечном штрихах ставятся стрелки, указывающие направление взгляда (стрелки следует на-

носить на расстоянии 2–3 мм от конца штриха) и буквы (со стороны внешнего угла), а над изображением разреза наносят надпись теми же буквами по типу «А–А».

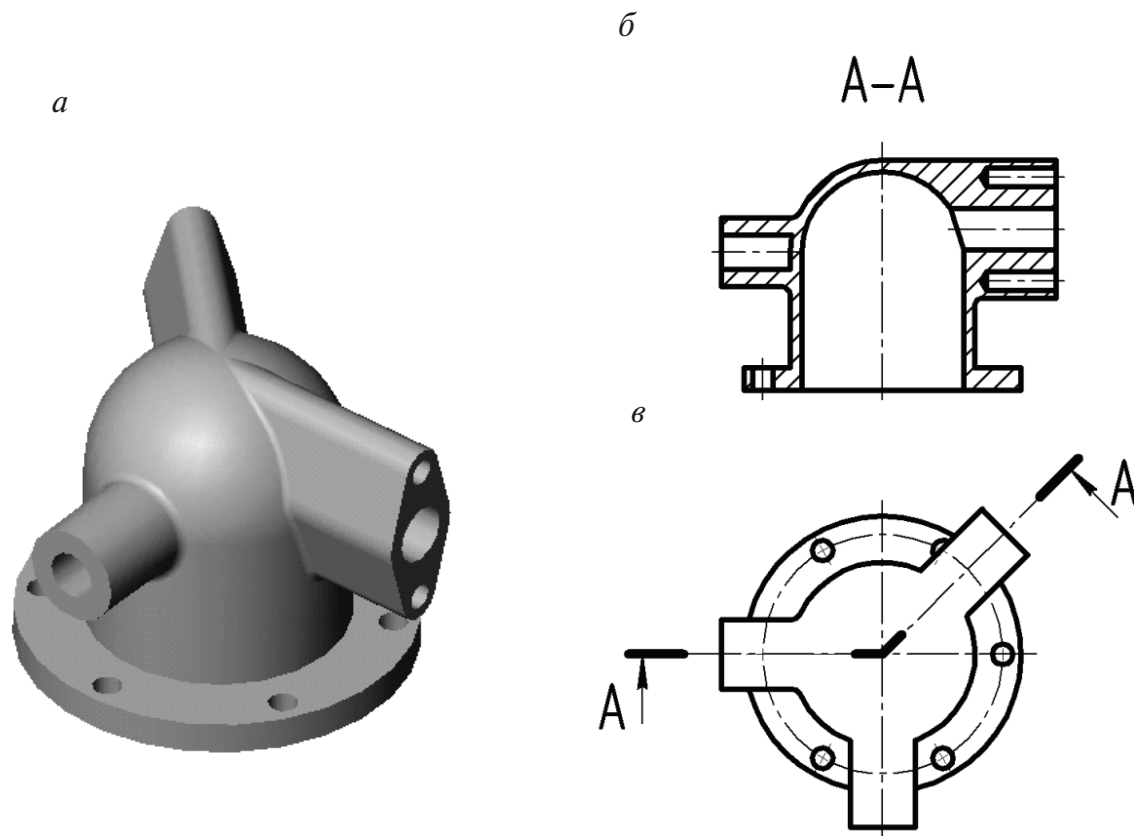


Рис. 43. Пример ломаного разреза:

a — 3D-модель детали; *б* — сложный ломаный разрез (главное изображение); *в* — вид сверху

На рис. 44 показан чертеж детали «Основание» с выполненным ступенчатым разрезом А–А двумя фронтальными плоскостями. Разрез расположен на фронтальной плоскости проекций на месте главного вида.

На рис. 45 приведен чертеж детали «Корпус», в котором использован ломаный разрез двумя пересекающимися плоскостями, и он также расположен на месте главного вида.

Местные разрезы

Местные разрезы используются в случаях, когда требуется показать внутреннюю форму какого-либо отдельного конструктивного элемента детали, например, отверстия, паза, проточки, фаски и т.п. без выполнения полного разреза детали.

Для ограничения местного разреза на изображении проводят тонкую волнистую линию обрыва, не совпадающую с какими-либо другими линиями изображения.



Рис. 44. Пример выполнения чертежа с использованием ступенчатого разреза



На рис. 46 выполнено два местных разреза: на виде спереди в разрезе показана форма вертикального отверстия, а на виде сверху разрез выполнен по горизонтальному отверстию.

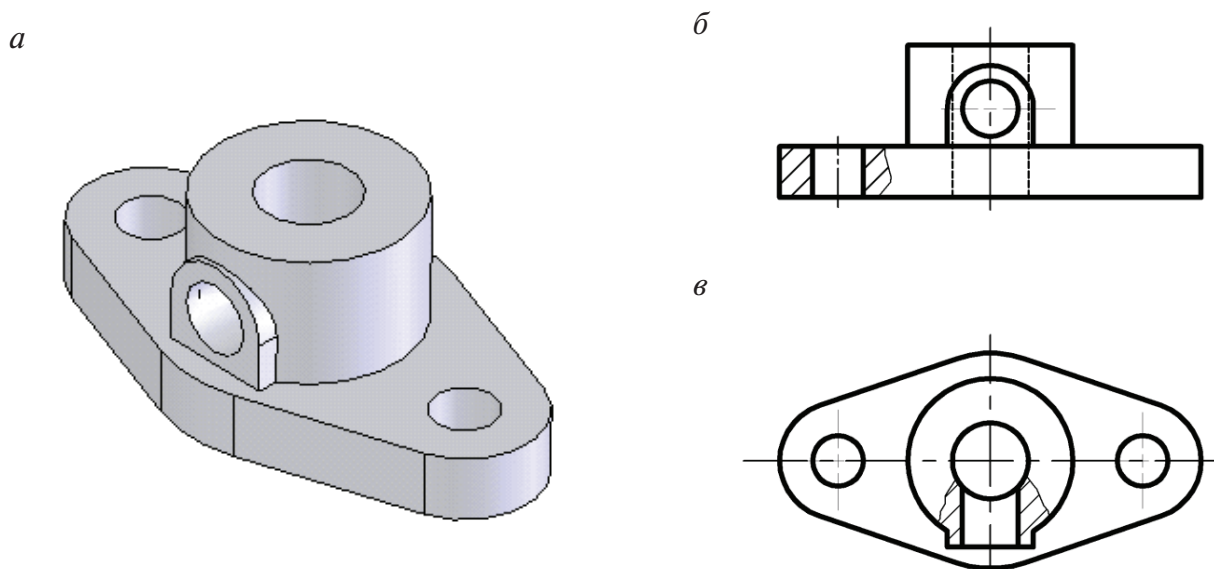


Рис. 46. Пример выполнения местных разрезов:

а — 3D-модель детали; *б* — вид спереди (главный и местный разрез вертикального отверстия); *в* — вид сверху и местный разрез горизонтального отверстия

1.7.3. Сечения

Сечения широко применяются для изображения отверстий, пазов, лысок и т. п. элементов на деталях типа валов, для изображения различных нормальных сечений детали, профилей сортового проката и т. д.

В **ГОСТ 2.305–2008** дается следующее определение сечения: ортогональная проекция фигуры, получающейся в одной или нескольких секущих плоскостях или поверхностях при мысленном рассечении проецируемого предмета.

Поскольку разрез также образует секущая плоскость, то следует учитывать отличие разреза и сечения:

- разрез на чертеже содержит изображение, полученное в секущей плоскости, и видимые части детали за секущей плоскостью (рис. 47, *а*);
- сечение содержит только изображение, образующееся в секущей плоскости (рис. 47, *в*). Исключением является только следующий случай: когда секущая плоскость проходит через отверстия или углубления, как показано на рис. 47, *а*, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (на рис. 47, *в*, при изображении сечения показаны полностью контуры вертикальных отверстий).

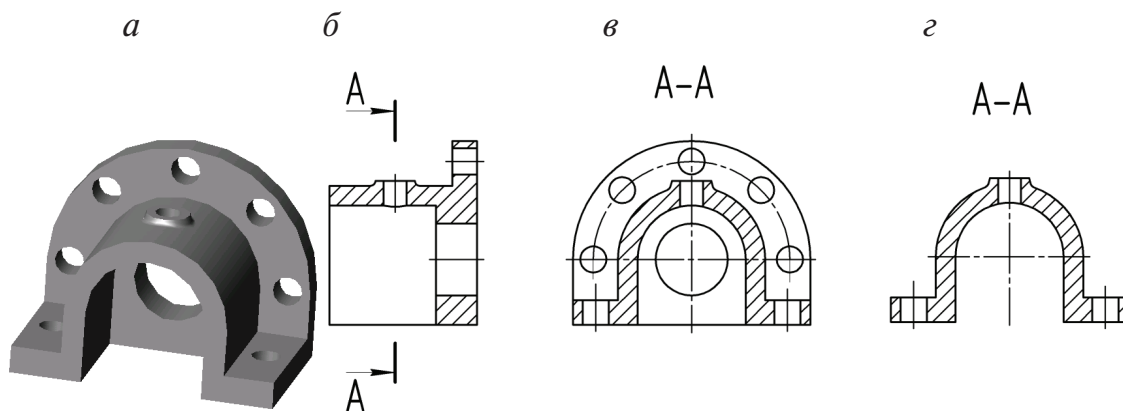


Рис. 47. Отличие разреза от сечения:

a — 3D-модель детали; *б* — секущая плоскость; *в* — разрез; *г* — сечение

Сечения разделяют на наложенные и вынесенные.

На рис. 48 приведен пример наложенных сечений. Контур наложенных сечений вычерчивается сплошной тонкой линией и накладывается на основное изображение.

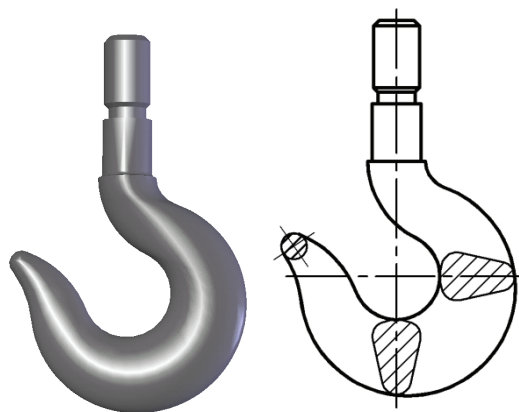


Рис. 48. Пример наложенных сечений

Вынесенное сечение может быть размещено в любой произвольной части чертежа (см. рис. 47, *в*). В отличие от наложенного сечения, его контур обводят сплошной основной линией.

Вынесенное сечение допускается располагать в разрыве между частями одного и того же вида (рис. 49).

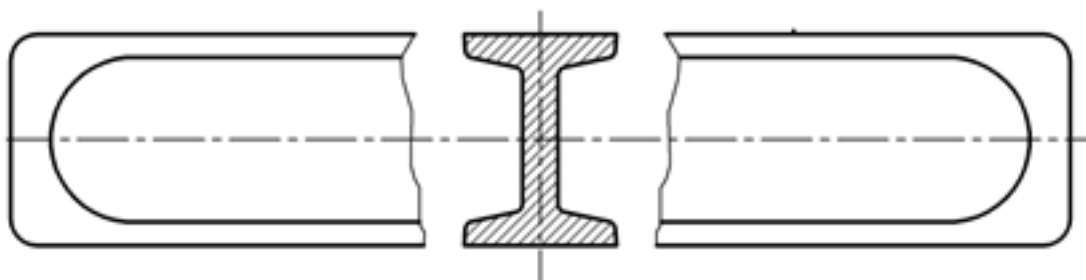


Рис. 49. Пример вынесенного сечения, расположенного в разрыве между частями вида

На рис. 50 показан пример вынесенного сечения, расположенного в непосредственной близости от основного изображения.

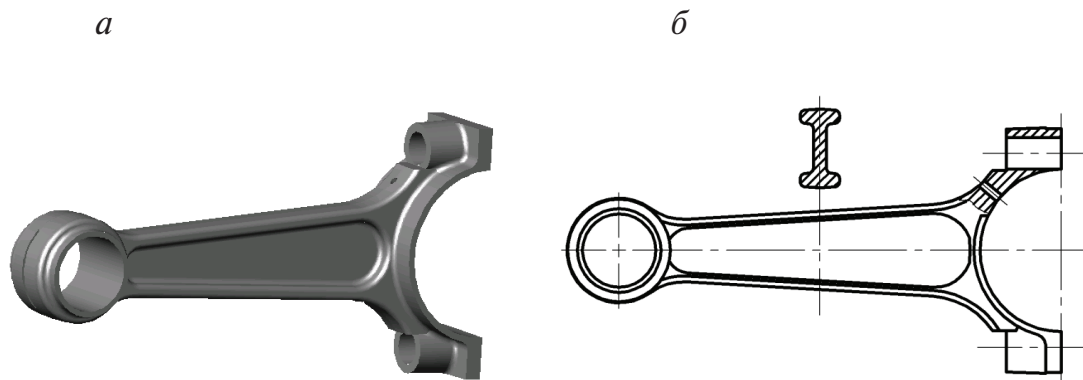


Рис. 50. Пример вынесенного симметричного сечения, расположенного в непосредственной близости от основного изображения:
а — 3D-модель детали; *б* — главное изображение с вынесенным симметричным сечением

При выполнении симметричного сечения, наложенного (см. рис. 48), вынесенного в разрыве между частями вида детали (см. рис. 49), вынесенного в непосредственной близости от основного изображения (рис. 50), в нем проводят ось симметрии, при этом обозначение сечения не выполняют.

На чертежах для несимметричных сечений, расположенных в разрыве (рис. 51) или наложенных, линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают.

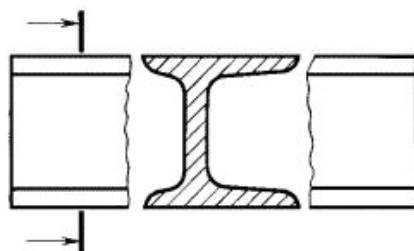


Рис. 51. Пример несимметричного вынесенного сечения, расположенного в разрыве между частями вида

Во всех остальных случаях на чертежах, так же как и для разрезов, для линии сечения применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда и обозначают ее одинаковыми прописными буквами русского алфавита (см. рис. 47, в).

Согласно ГОСТ 2.305–2008 вынесенные сечения являются более предпочтительными.

Выносные элементы

Выносным элементом называется дополнительное, обычно увеличенное, отдельное изображение части предмета.

Выносной элемент используют, как правило, при необходимости графических пояснений относительно формы, размеров и др. данных для части предмета.

При оформлении выносного элемента соответствующую часть изображения обводят замкнутой сплошной тонкой линией окружностью, овалом и т. п. с буквенным обозначением выносного элемента и указанием масштаба изображения, если он отличается от масштаба чертежа (рис. 52).

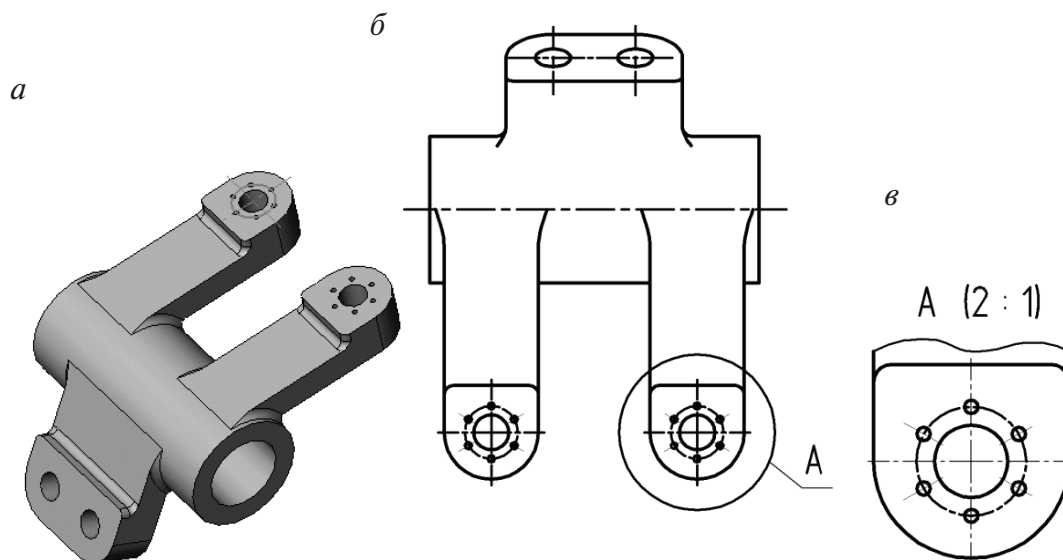


Рис. 52. Оформление изображения выносного элемента на чертеже:

a — 3D-модель детали; *б* — указание выносного элемента;
в — увеличенное изображение выносного элемента

Выносной элемент может отличаться по форме и содержанию от основного изображения, например, на выносном элементе может быть выполнен разрез, отсутствующий на основном изображении (рис. 53).

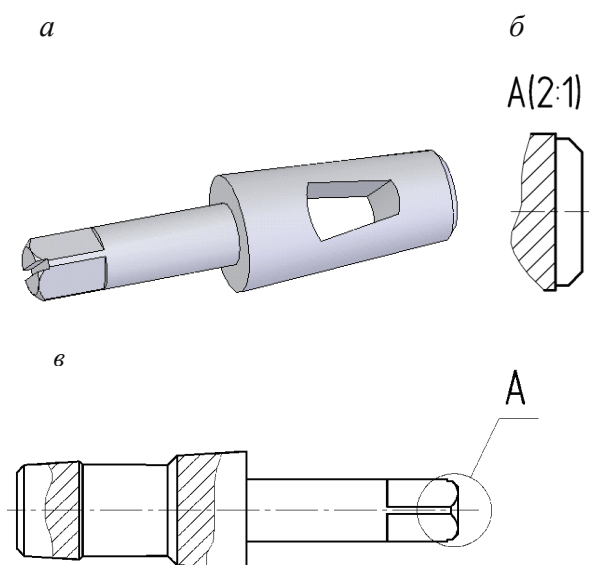


Рис. 53. Пример выносного элемента, отличающегося от основного изображения:

a — 3D-модель детали; *б* — изображение выносного элемента;
в — главное изображение с указанием выносного элемента

Условности и упрощения на чертежах

Для того чтобы улучшить восприятие графической информации, а также снизить трудоемкость производства чертежей следует максимально упрощать изображения путем использования условностей и упрощений, регламентированных **ГОСТ 2.305–2008**.

1. Допускается вычерчивать половину вида, разреза или сечения (или чуть больше половины), если данное изображение представляет симметричную фигуру (рис. 54, 55).

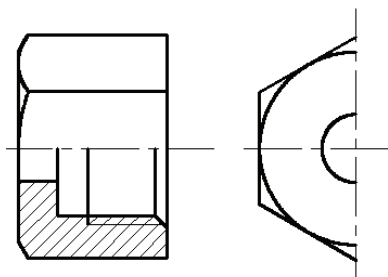


Рис. 54. Пример вычерчивания половины вида (изображение ограничивают линией оси симметрии)

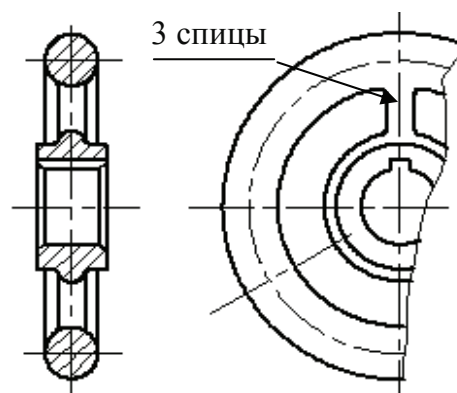


Рис. 55. Пример вычерчивания части вида (изображение ограничивают линией обрыва)

Если деталь имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов, то полностью на изображении показывают 1–2 таких элемента, а остальные элементы показывают условно (рис. 55, 56).

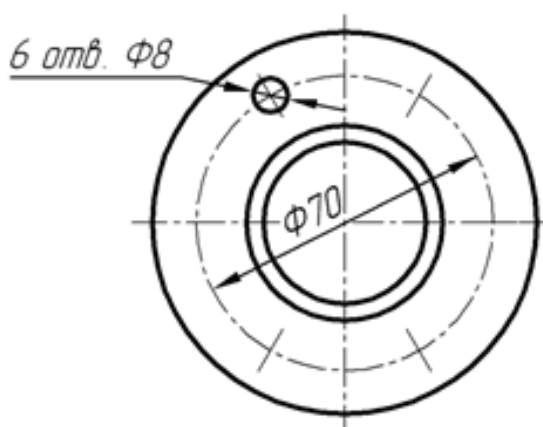


Рис. 56. Пример изображения равномерно расположенных одинаковых элементов

2. Допускается заменять кривые второго порядка, используемые при изображении линий пересечения поверхностей, прямыми линиями или дугами окружностей (рис. 57).

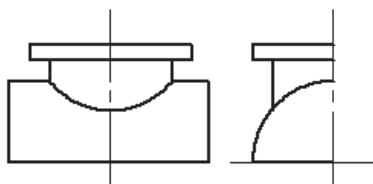


Рис. 57. Упрощенное изображение проекций линий пересечения поверхностей второго порядка

3. Изображение плавных переходов поверхностей выполняют тонкой линией, как показано на рис. 58, *а*, или совсем не показывают (рис. 58, *б*).

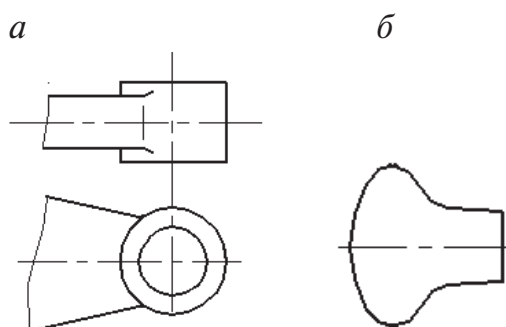


Рис. 58. Условное изображение плавного перехода от одной поверхности к другой:

а — переход показан условно тонкой линией, не доходящей до контура; *б* — переход совсем не показан

4. Если при этом имеется уклон (рис. 59, *а*) или конусность поверхностей (рис. 59, *б*), то на виде проводят только одну линию, как показано на рис. 58.

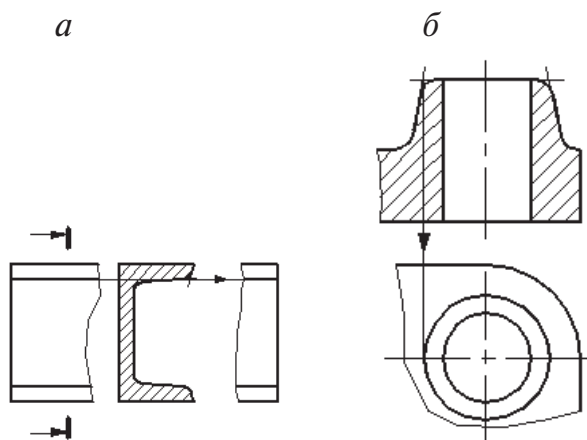


Рис. 59. Условное изображение плавного перехода:

а — при наличии уклона; *б* — при наличии конусности

5. При изображении отверстий, расположенных на цилиндрической поверхности, допускается показывать упрощенно проекции линии их пересечения с цилиндрическими поверхностями (рис. 60).

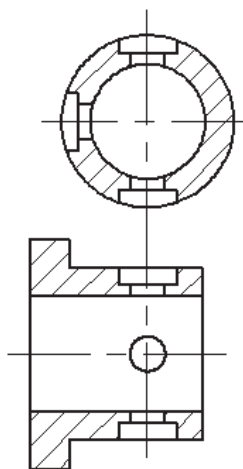


Рис. 60. Упрощения при изображении отверстий, расположенных на цилиндрической поверхности

6. Детали типа непустотелых валов, шаров, болтов, рукояток и т. п., как правило, изображаются неразрезанными. Если такие детали имеют углубления, прорези, мелкие отверстия и т. п., то для выявления формы этих элементов используются местные разрезы (см. рис. 53).

7. Также в разрезе, выполненном секущей плоскостью, проходящей вдоль длинной стороны таких элементов, как ребра жесткости (рис. 61), спицы маховиков (см. рис. 55) и т. п., штриховку этих элементов не выполняют.

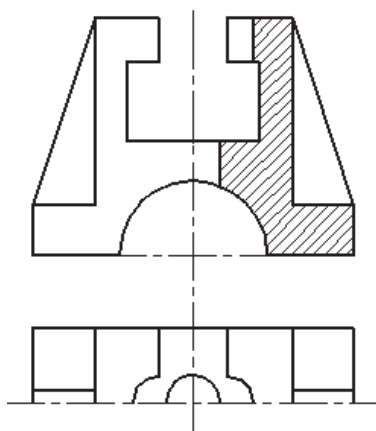


Рис. 61. Изображение в разрезе ребра жесткости (секущая плоскость проходит вдоль длинной стороны ребра)

8. При изображении элементов детали, в которых расстояние между линиями на чертеже 2 мм и меньше или имеется незначительный уклон или конус, следует увеличить данный параметр, нарушив при этом масштаб, но повысив четкость изображения.

9. В элементах детали в виде плоскостей, расположенных в отверстиях или на поверхностях вращения, при необходимости их выделения проводят крестообразно тонкие сплошные линии (рис. 62).

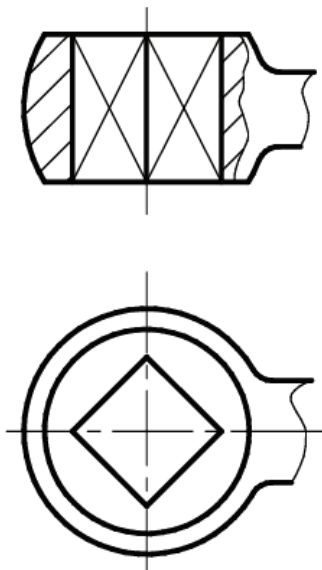


Рис. 62. Выделение на чертеже плоских поверхностей

10. На чертеже детали допускается изображать не на всей поверхности такие элементы, как рифление (рис. 63).

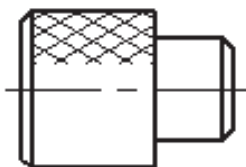


Рис. 63. Изображение на чертеже рифления на поверхности детали

11. Изображение длинных деталей типа стержней, балок, валов можно разрывать для того, чтобы уменьшить длину изображения; при этом размеры следует наносить без искажения. Для ограничения разрыва используют волнистую тонкую линию (рис. 64).

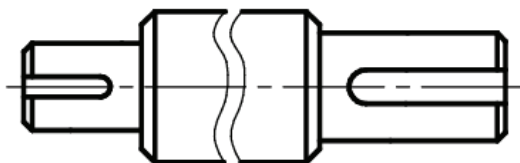


Рис. 64. Изображение на чертеже детали с разрывом

13. При необходимости уменьшить количество проекций на чертеже на изображение разреза можно «наложить» выполняемое штрихпунктирной утолщенной линией изображение отдельных элементов детали, находящихся на отброшенной при выполнении разреза части (рис. 65).

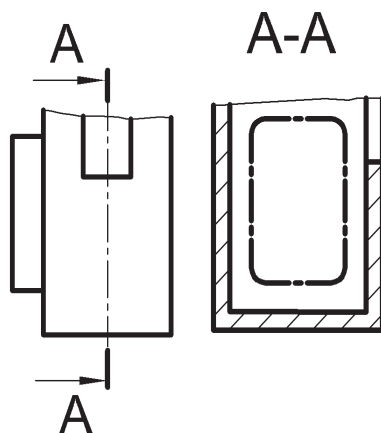


Рис. 65. Пример наложенной проекции

14. Для показа шпоночных пазов допускается изображать не полную проекцию детали, а только контур шпоночного паза (рис. 66, *а*) или отверстие (рис. 66, *б*).

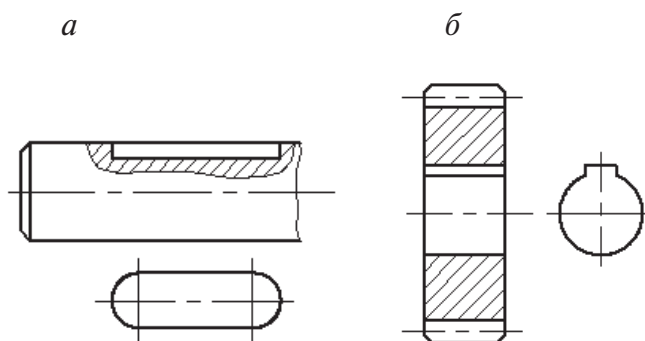


Рис. 66. Упрощения при изображении шпоночных пазов:

а — на валу; *б* — в отверстии

1.8. Аксонометрические проекции

Аксонометрические проекции выполняют для наглядного изображения формы предмета, заданного ортогональными проекциями. Сущность метода состоит в следующем (рис. 67): предмет вместе с координатными осями проецируют методом параллельного проецирования на одну плоскость проекций α , называемую аксонометрической («картинной»). Предмет располагают относительно аксонометрической плоскости таким образом, чтобы направление проецирования не совпадало ни с одним направлением координатных осей аксонометрической проекции.

В зависимости от направления проецирования по отношению к плоскости проекций аксонометрические проекции делят на прямоугольные и косоугольные.

Прямоугольная — это аксонометрическая проекция, у которой направление проецирования перпендикулярно к плоскости проецирования.

Косоугольная — это аксонометрическая проекция, у которой направление проецирования неперпендикулярно к плоскости проецирования.

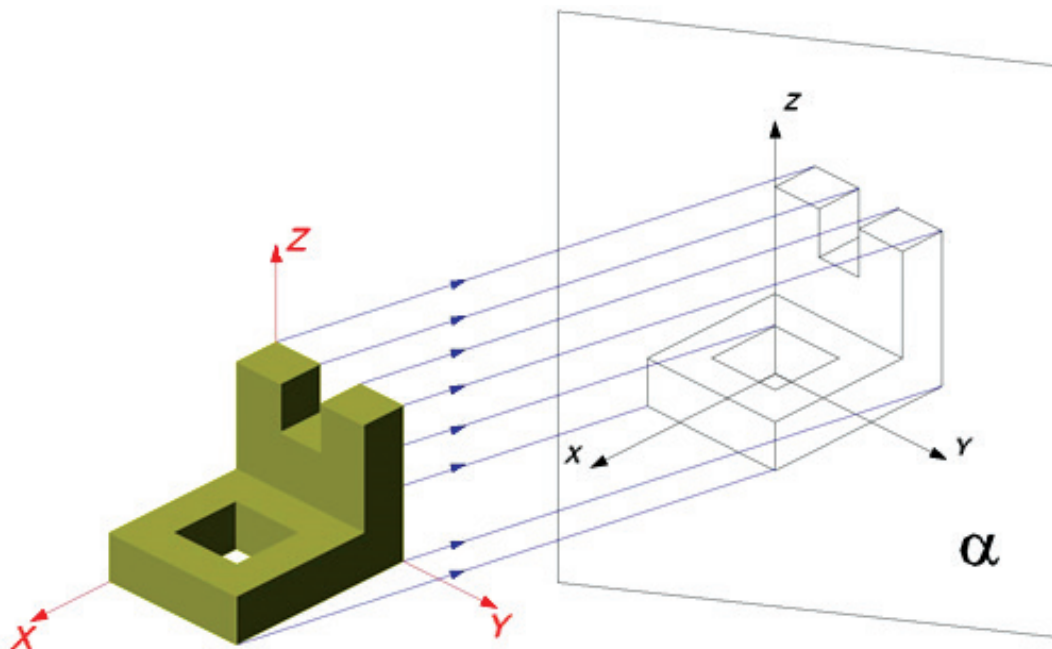


Рис. 67. Получение аксонометрической проекции

Искажение длин отрезков в направлении координатных осей при аксонометрическом проецировании оценивается коэффициентами искажения, определяемыми отношением длины проекции отрезка на плоскость к его настоящей длине.

Аксонометрические проекции разделяют на:

- *изометрические* — коэффициенты искажения по всем трем осям одинаковы: $K_x = K_y = K_z$;
- *диметрические* — коэффициенты искажения по любым двум осям одинаковы, например, $K_x = K_z \neq K_y$;
- *триметрические* — коэффициенты искажения по всем трем осям различны: $K_x \neq K_y \neq K_z$.

ГОСТ 2.317–2011 устанавливает правила построения на плоскости пяти аксонометрических проекций, применяемых в чертежах всех отраслей промышленности и строительства:

- прямоугольных проекций:
- изометрической;
- диметрической;
- косоугольных проекций:
- фронтальной изометрической;
- горизонтальной изометрической;
- фронтальной диметрической.

Рассмотрим два вида аксонометрических проекций, рекомендуемых к использованию в учебных чертежах: изометрическую и фронтальную диметрическую проекцию.

1.8.1. Изометрическая проекция

Аксонометрические оси *изометрической проекции* располагаются, как показано на рис. 68.

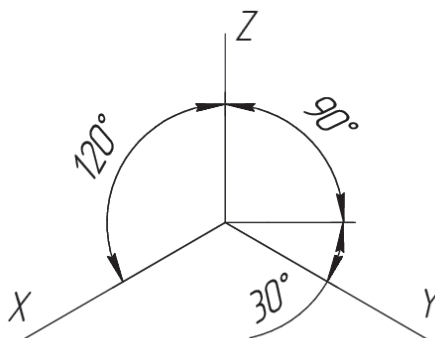


Рис. 68. Расположение аксонометрических осей в изометрии

Коэффициенты искажения по осям:

$$K_x = K_y = K_z = 0,82.$$

На практике для упрощения, как правило, принимают коэффициент искажения равным 1 (последующее изложение будет относиться к указанному упрощенному варианту).

Окружности в изометрической проекции проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы, которые имеют одинаковую форму и размеры на всех плоскостях проекций (рис. 69).

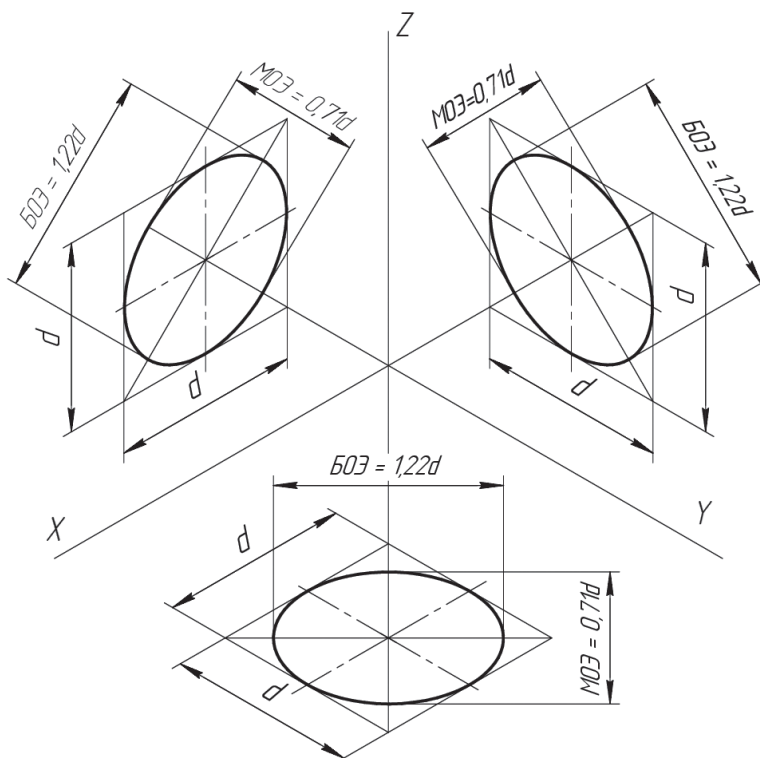


Рис. 69. Проекции окружностей в изометрии

Для построения эллипсов через центр окружности в каждой координатной плоскости проводят оси, параллельные изометрическим осям, принадлежащим этой плоскости. В направлении осей откладывают диаметр окружности d без искажения. Проводят направление большой и малой осей эллипса. Большая ось эллипса (БОЭ) перпендикулярна координатной оси, не принадлежащей этой плоскости, соответственно, малая ось эллипса (МОЭ) параллельна ей. В соответствии с ГОСТ 2.317–2011 принимают величину $БОЭ = 1,22d$, $МОЭ = 0,71d$. Соединяют восемь точек эллипса по лекалу.

Пример выполнения изометрической проекции детали приведен на рис. 70.

1.8.2. Фронтальная диметрическая проекция

Фронтальная диметрическая проекция применяется в тех случаях, когда необходимо сохранить неискаженными фигуры, расположенные во фронтальных плоскостях.

Расположение аксонометрических осей приведено на рис. 71.

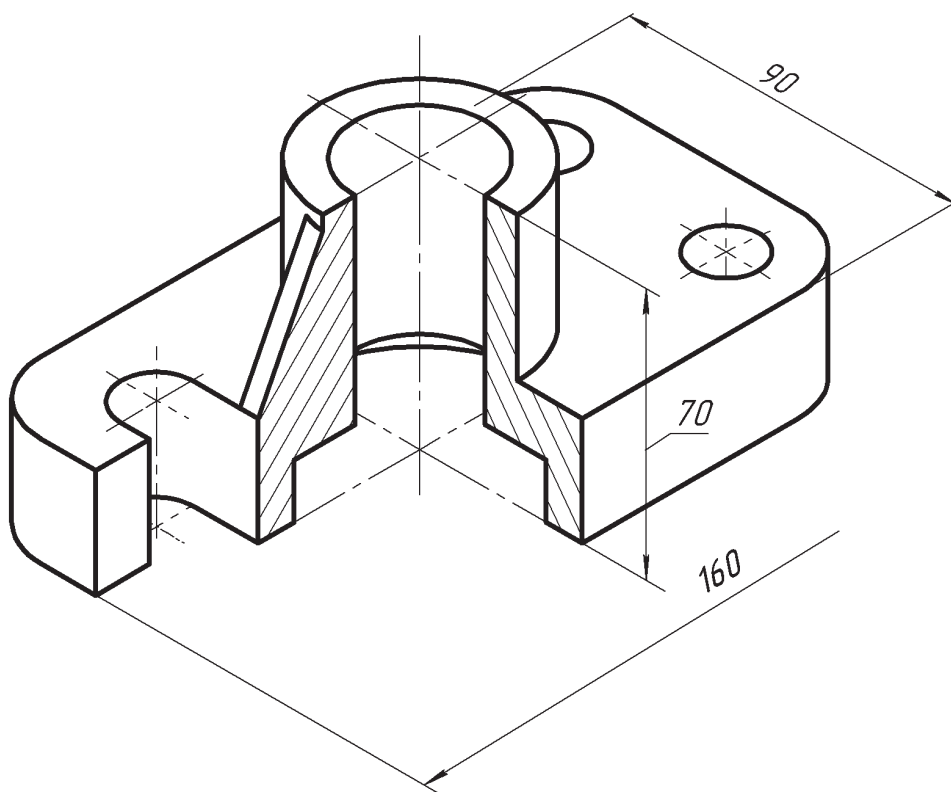


Рис. 70. Пример выполнения изометрической проекции детали

Коэффициент искажения: $K_x = K_z = 1$; $K_y = 0,5$.

Во фронтальной диметрии окружности, лежащие в горизонтальной и профильной плоскостях, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы, одинаковые по форме и размерам: $БОЭ = 1,07d$, $МОЭ = 0,33d$ (рис. 72), а окружности, лежащие во фронтальных плоскостях, проецируются без искажения.

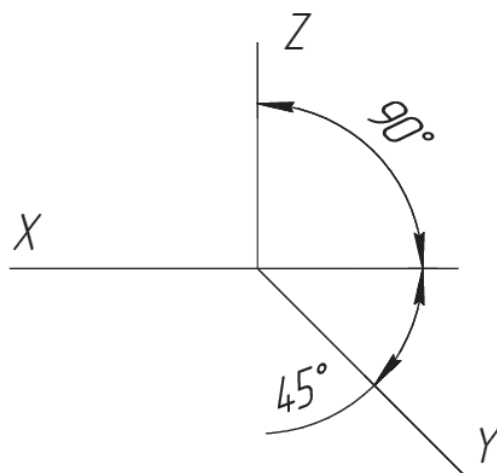


Рис. 71. Расположение аксонометрических осей во фронтальной диметрии

На рис. 73 показан пример изображения детали во фронтальной диметрии.

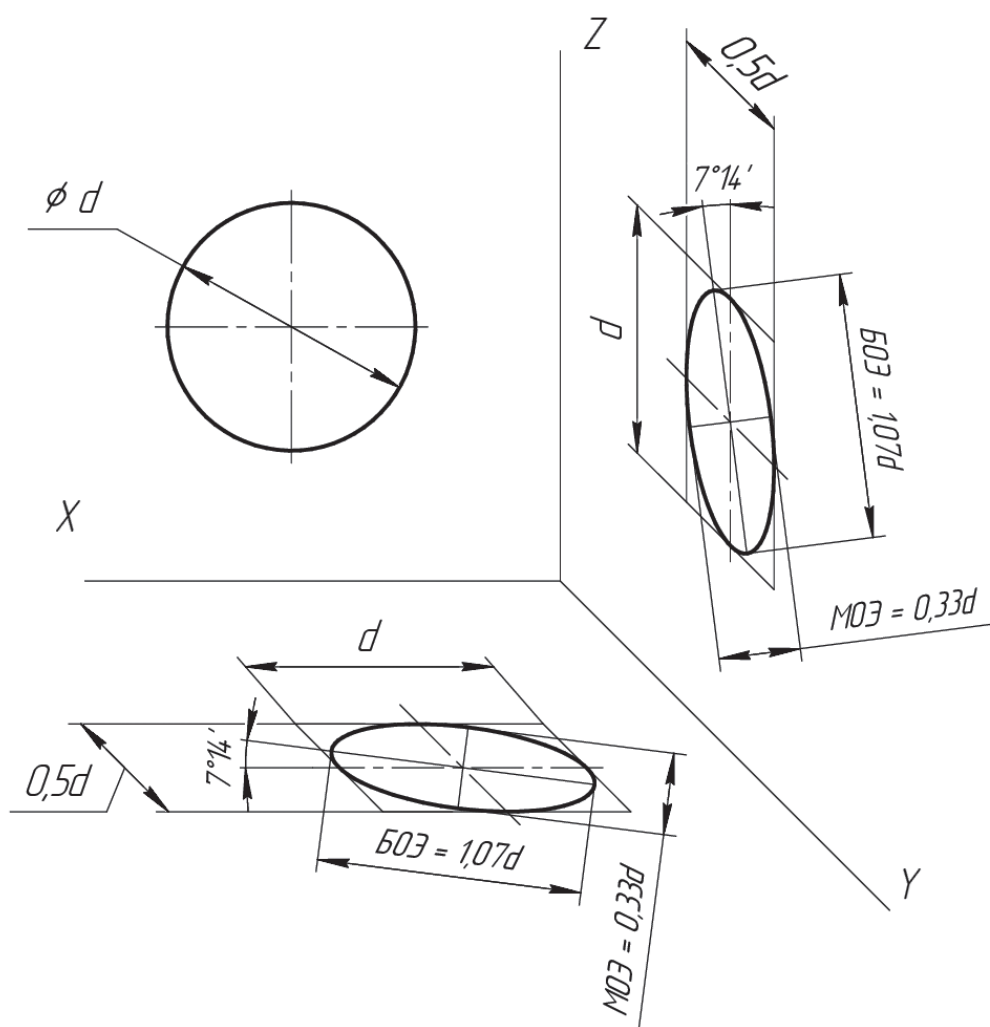


Рис. 72. Проекции окружностей во фронтальной диметрической проекции

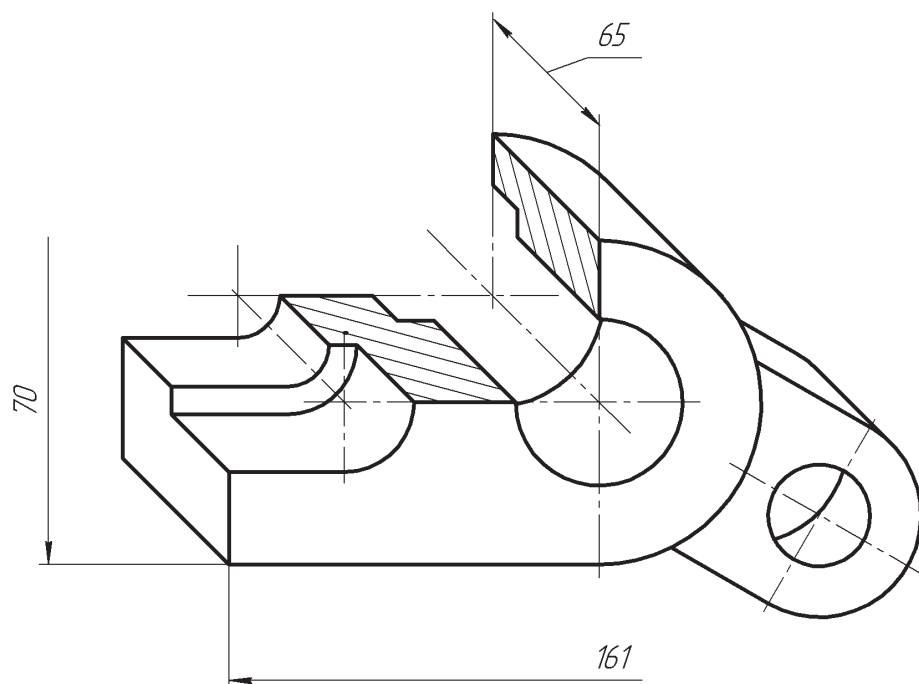


Рис. 73. Фронтальная диметрия детали

1.8.3. Условности в аксонометрии

При выполнении аксонометрических проекций стремятся достигнуть наибольшей наглядности изображения предмета в целом. В отличие от ортогональных проекций в аксонометрических проекциях не стремятся полностью раскрыть все элементы предмета. Поэтому для выявления внутренней формы детали в аксонометрии обычно используют не разрезы, применяемые в ортогональных проекциях, а вырезы, которые выполняют, как правило, двумя взаимно перпендикулярными плоскостями, параллельными координатным плоскостям. Секущие плоскости выреза рекомендуется проводить через оси наиболее крупного отверстия.

В аксонометрических проекциях при выполнении штриховки сечений направление штриховки определяется диагоналями проекций квадратов, построенных, как показано на рис. 74.

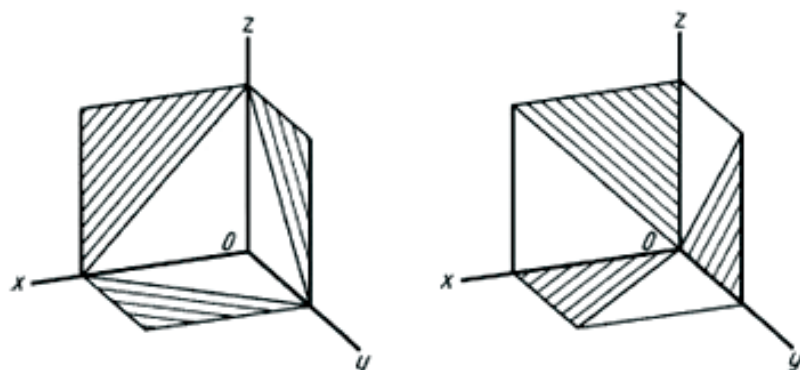


Рис. 74. Направления штриховки в аксонометрии

Штриховку выполняют параллельно соответствующей диагонали тонкими линиями.

В аксонометрических проекциях, в отличие от ортогональных, тонкостенные элементы при их продольном рассечении штрихуют (см. рис. 70).

Простановка размеров на аксонометрических проекциях выполняется нанесением параллельно измеряемому отрезку размерных линий и проведением параллельно осям выносных линий (см. рис. 70, 73).

В аксонометрических проекциях резьбу изображают условно по **ГОСТ 2.311**. Допускается изображать профиль резьбы полностью или частично (рис. 75).

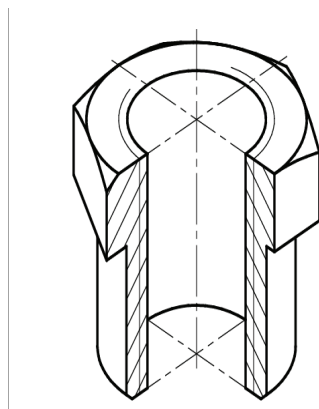


Рис. 75. Изображение резьбы в аксонометрических проекциях

Задания для самостоятельной работы по теме «Общие правила оформления чертежей»

Для повышения эффективности освоения теоретического материала по темам «Выполнение изображения детали» и «Аксонометрические проекции», приобретения навыков выполнения и оформления чертежей студенту предлагается выполнить следующие задания.

Задание 1. Простые разрезы

1. По наглядному изображению детали построить ее ортогональный чертеж.
2. Данная деталь должна быть изображена в трех проекциях на формате А3 в масштабе 1:1, для рационального использования формата выполнить компоновку изображений.
3. Выбрать главное изображение детали на фронтальной плоскости проекций.
4. Для выявления внутренних поверхностей нужно применить простые разрезы, при необходимости применить местные разрезы. Для уменьшения количества изображений и улучшения «чтения» чертежа использовать совмещение видов и разрезов, а также условности и упрощения по **ГОСТ 2.305–2008**.

5. Проставить размеры, обвести линии чертежа, заполнить основную надпись. Варианты заданий представлены в прил. 1
Пример построенного ортогонального чертежа детали показан на рис. 41.

Задание 2. Сложный разрез

1. По заданным ортогональным проекциям детали построить третью проекцию (вид слева) на формате А3 в масштабе 1:1.
2. Выполнить указанный сложный разрез на месте соответствующего вида, при необходимости применить местные разрезы.
3. Проставить размеры, обвести линии чертежа, заполнить основную надпись. Примеры выполнения задания приведены на рис. 44, 45, 76.

Задание 3. Аксонометрическая проекция

1. По ортогональным проекциям детали из задания 2 начертить аксонометрическую проекцию (прямоугольную изометрическую или косоугольную фронтальную диметрическую проекцию).
2. Выполнить вырез 1/4 части объема детали.
3. Проставить габаритные размеры, обвести линии чертежа, заполнить основную надпись. Примеры выполнения задания приведены на рис. 77–79.

Рекомендации по выполнению аксонометрического изображения

Любую деталь можно представить как совокупность геометрических тел: призм, цилиндров, конусов, пирамид и т.д. В зависимости от их расположения чертеж начинают либо с построения оснований этих геометрических тел в координатных плоскостях, затем откладывают высоту, используя способ наращивания, либо сначала строят габаритный параллелепипед, а затем вырезают из него отсутствующие геометрические фигуры, используя способ исключения.

Порядок построения аксонометрической проекции:

- сопоставить заданные ортогональные проекции детали, выполненные в проекционной связи, получить пространственное представление формы детали;
- на аксонометрической плоскости построить проекции координатных осей изображаемого предмета в зависимости от выбранного вида аксонометрии;
- на ортогональных проекциях снять размеры, параллельные осям координат, и отложить соответствующие размеры на аксонометрических осях с учетом коэффициента искажения по осям.

При выполнении аксонометрической проекции сохраняется параллельность проецируемых прямых, поэтому все параллельные прямые на комплексном чертеже проецируются в параллельные прямые в аксонометрии.

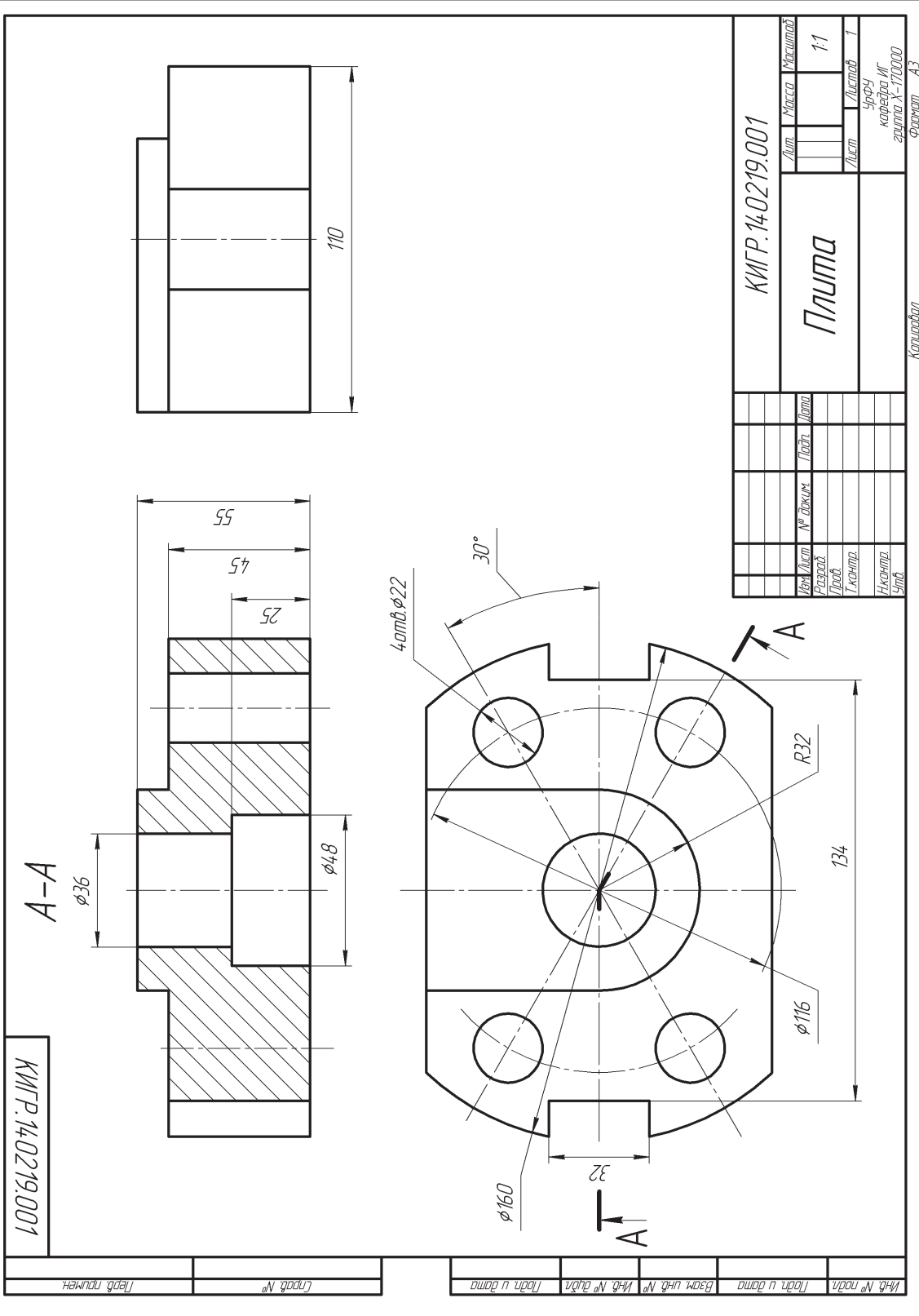


Рис. 76. Пример выполнения ортогонального чертежа







2. ЧЕРТЕЖИ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

.....

Деталь — это изделие, при изготовлении которого не используются сборочные операции. Деталь можно получить разными способами, например, из цельного куска материала посредством снятия слоев материала с поверхностей, литьем расплавленного материала в формы, прессованием из порошка в пресс-формах и т. п.

2.1. Классификация деталей

.....

Детали машиностроения имеют чрезвычайно разнообразные геометрические формы, которые представляют собой сочетание простейших геометрических поверхностей: цилиндров, конусов, призм, пирамид и т. д.

В зависимости от формы и способов изготовления деталей различают следующие группы деталей:

1. Детали, ограниченные преимущественно поверхностями вращения типа валов, осей, втулок, штуцеров, шкивов, дисков и т. д. Эти детали получили широкое распространение в машиностроении, в большинстве случаев основной технологической операцией при их изготовлении является токарная обработка.

2. Детали сложной формы (корпусные, кронштейны, крышки и другие подобные детали) изготавливаются литьем, штамповкой, ковкой и др. технологическими операциями.

3. Детали, выполненные из изогнутого листового материала и полученные гибкой, вырубкой, штамповкой.

2.2. Чертежи деталей, изготовленных механической обработкой

Для изготовления детали и контроля создается рабочий чертеж, содержащий множество требований, соблюдение которых должно обеспечить удобство изготовления и выполнения предназначенных функций, работоспособности детали.

Рабочий чертеж детали, согласно **ГОСТ 2.102–2013**, должен содержать изображение детали, минимально необходимое количество размеров для ее изготовления и контроля, данные о шероховатости всех поверхностей, марку материала детали и др. Правила составления рабочих чертежей деталей устанавливаются **ГОСТ 2.109–73**.

Помимо изображения, рабочий чертеж детали должен содержать следующую информацию:

- размеры, необходимые для изготовления и контроля детали;
- обозначения шероховатости поверхностей детали;
- технические требования (если они имеются);
- данные, указываемые в основной надписи (наименование детали, условное обозначение материала, из которого она изготовлена, масштаб, обозначение документа и др.).

В соответствии с **ГОСТ 2.102–2013** допускается чертежи, предназначенные для разового использования, выполнять в виде эскизов.

Эскизы допускается выполнять от руки, без масштаба. При этом необходимо соблюдать пропорциональность элементов детали и все остальные требования ГОСТ к оформлению чертежей.

2.2.1. Основные конструктивные элементы механически обработанных деталей

В подобных деталях широко применяются различные мелкие конструктивные элементы, такие как проточки, фаски, галтели, лыски и пр., для детального изображения которых используются выносные элементы, позволяющие уточнить форму, нанести размеры и указать другие данные конструктивного элемента.

Размеры типовых стандартизованных конструктивных элементов регламентируются соответствующими ГОСТ:

- фаски — **ГОСТ 10949–64**;
- галтели — **ГОСТ 10948–64**;
- канавки, проточки — **ГОСТ 27148–86**, **ГОСТ 10549–80** и др.;
- шестигранные элементы с гранями под ключ — **ГОСТ 13682–80**;
- лыски — **ГОСТ 6424–73**;
- рифления — **ГОСТ 21474–75**.

Фаски — срезы острых кромок деталей (**ГОСТ 10948–64**).

Фаски применяют для облегчения процесса сборки, обеспечения безопасности работы, улучшения внешнего вида (рис. 80). При выполнении конусной фаски

на шестигранной поверхности линия пересечения изображается в виде дуг окружностей с радиусами R , как показано на рис. 80, в. На чертеже размеры радиусов не указывают.

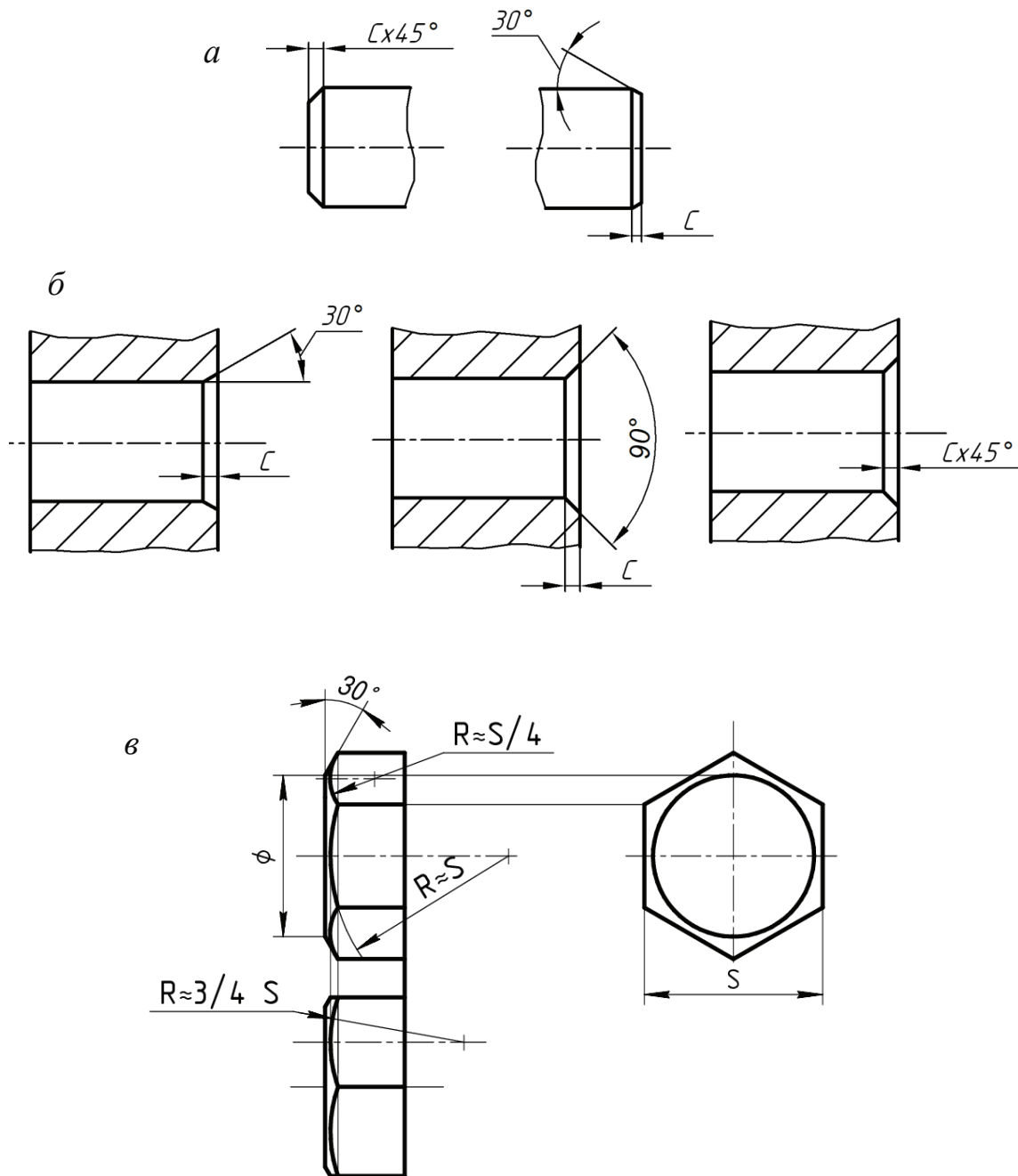


Рис. 80. Варианты изображения и обозначения фасок:

a — на цилиндрическом стержне; *б* — в отверстии; *в* — на шестигранной поверхности

Лыски — плоские срезы цилиндрических, конических или сферических поверхностей (рис. 81). S — размер под ключ. **Номинальные размеры под ключ S** (ГОСТ 6424—73): 6; 7; 8; 10; 12; 13; 14; 16; 17; 18; 19; 21; 22; 24; 27; 30; 32; 34; 36; 41; 46; 50; 55; 60...

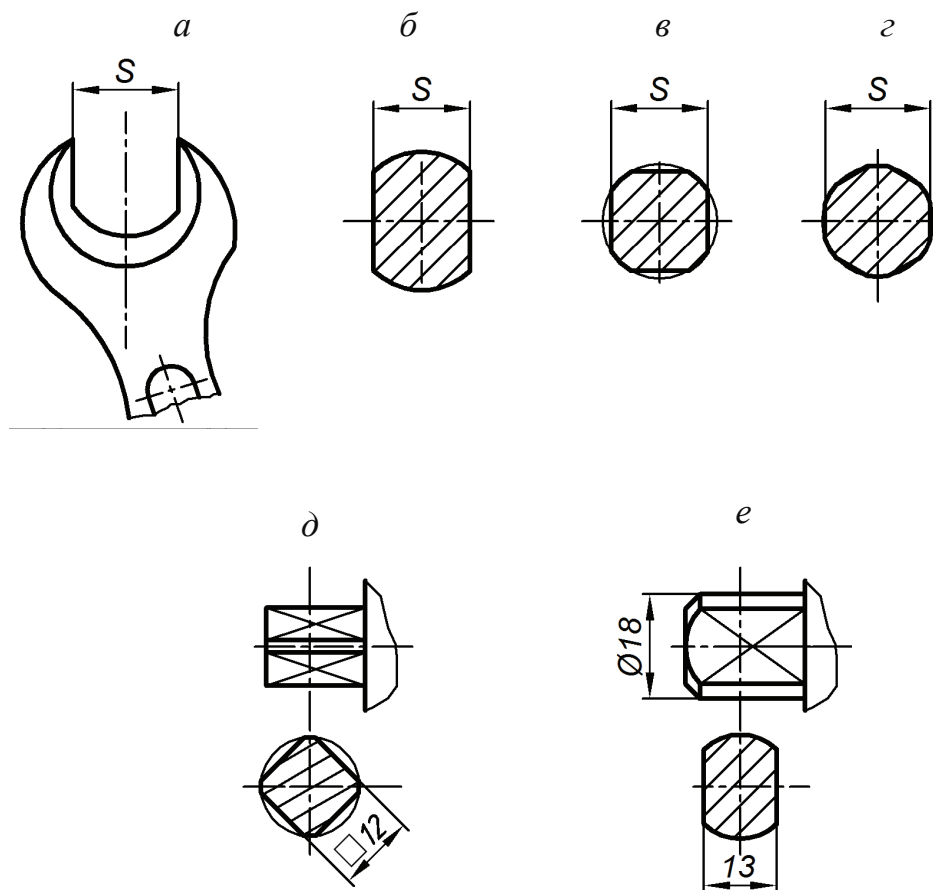


Рис. 81. Примеры лысок на валах (ГОСТ 6424–73) и их изображений на чертеже:

a — размер под ключ; b — 2 лыски; c — 4 лыски; d — 6 лысок;
 d — изображение 4 лысок на чертеже; e — изображение 2 лысок на чертеже

Галтели — скругления внешних и внутренних углов в местах перехода от одного диаметра к другому. Применяют для повышения прочностных свойств валов (рис. 82).

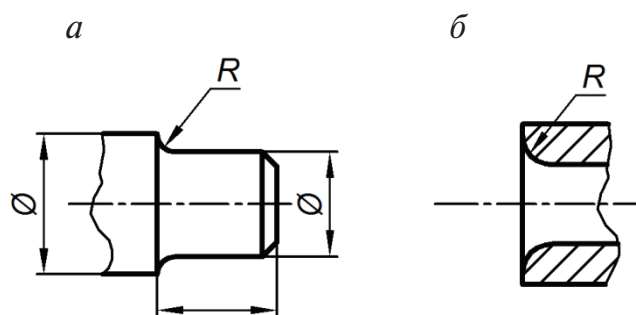


Рис. 82. Примеры галтелей и их изображений на чертеже:

a — на стержне; b — в отверстии

Пазы на валах — углубление на поверхности детали, выполненное обычно вдоль геометрической оси детали, ограниченное плоскостями (рис. 81).

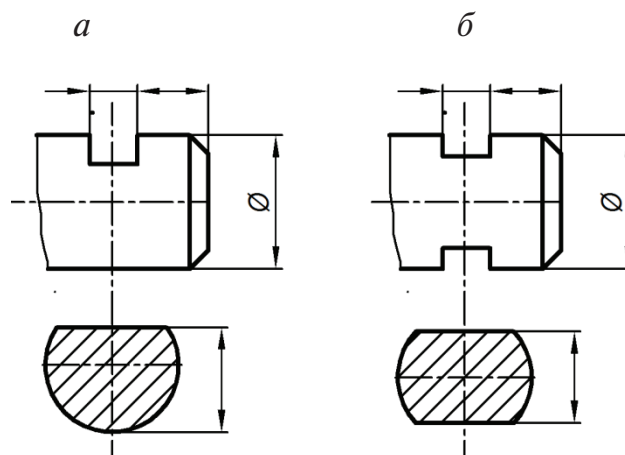


Рис. 83. Примеры пазов на валах:

a — один паз; *б* — два паза

Пазы шпоночные — прорезь в виде канавки, служащая для установки шпонки (рис. 84, 85).

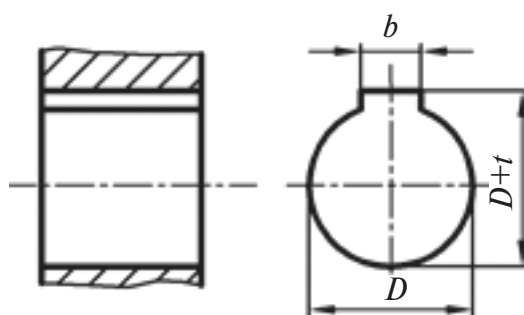


Рис. 84. Шпоночный паз в отверстии

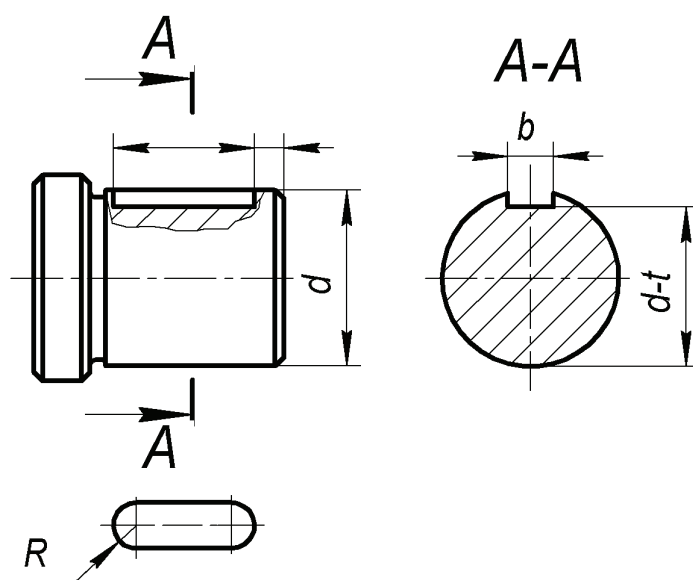


Рис. 85. Шпоночный паз на валу

На рис. 86 показаны примеры изображения валов с расположенными на них шпоночными пазами в соответствии с ГОСТ 24071–97.

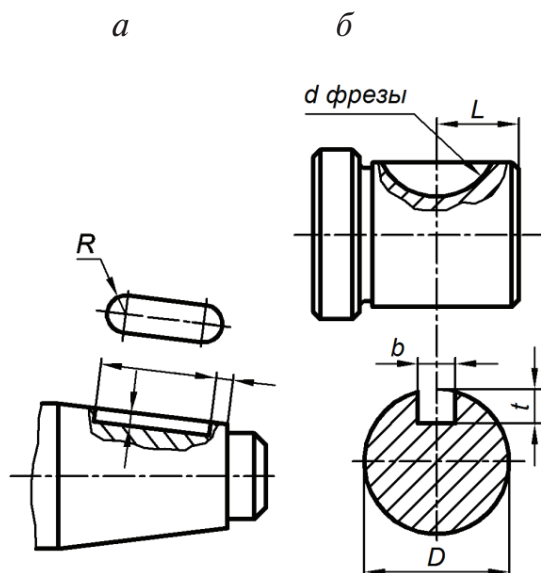


Рис. 86. Примеры изображения шпоночных пазов на валах:

a — конический вал со шпоночным пазом для призматической шпонки;

б — цилиндрический вал со шпоночным пазом для сегментной шпонки

Конусность — отношение диаметра основания прямого конуса к его высоте или отношение разности диаметров усеченного конуса к его высоте (рис. 87). Правила нанесения конусности на чертеже указаны в ГОСТ 2.320–82.

Числовые значения нормальных конусностей регламентирует ГОСТ 8593–81: Ряд 1:1;3; 1:5; 1:10; 1:20...; Ряд 2:1;4; 1:6; 1:7; 1:8; 1:12...

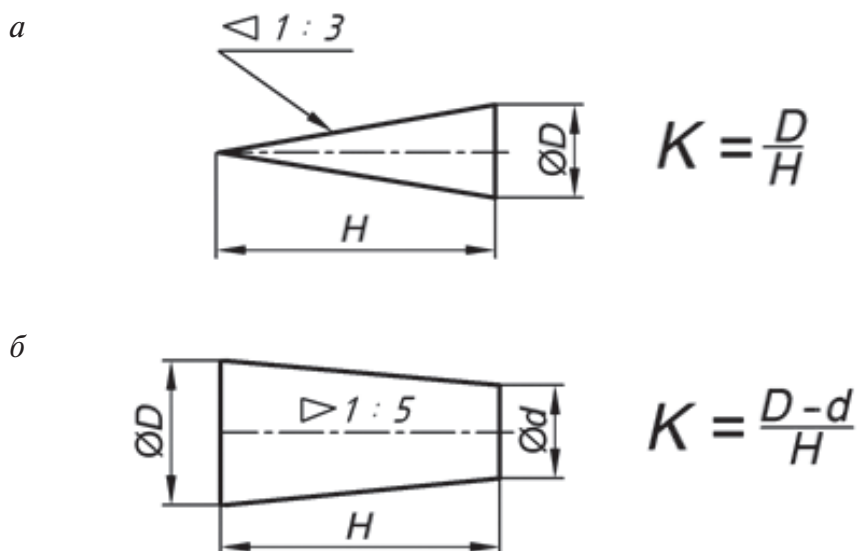


Рис. 87. Изображение и обозначение конусности:

a — расположение обозначения конусности на линии-выноске;

б — расположение обозначения конусности на оси конуса

Рифление — мелкие линейные или сетчатые рельефные линии на поверхности детали, выполненные для облегчения захвата и удержания детали (рис. 87). Рифление может быть сетчатым (рис. 87, а, б) и прямым (рис. 87, в).

В ГОСТ 21474–75 установлены следующие шаги рифлений: 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0 (только для сетчатых)

Пример условного обозначения прямого рифления с шагом = 1,2 мм: **Рифление прямое 1,2 ГОСТ 21474–75**

На рис. 88 приведены примеры условного изображения и обозначения рифлений на чертеже.

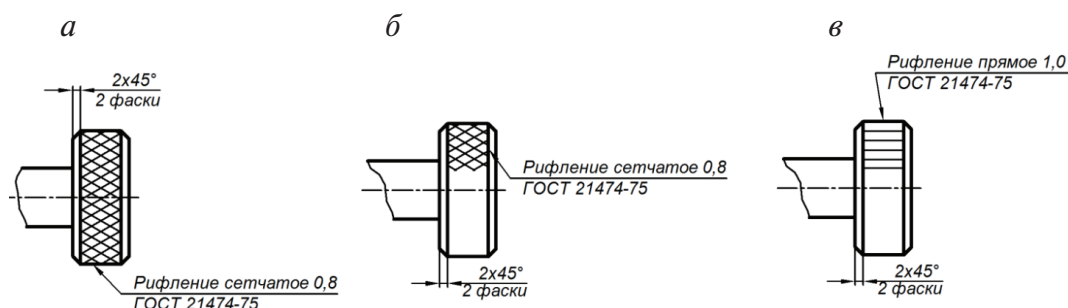


Рис. 88. Изображение и обозначение рифления на поверхности детали:

а — изображение и обозначение сетчатого рифления на цилиндрической поверхности;
б — допускаемое изображение размера; в — изображение и обозначение прямого рифления

Проточки — кольцевые канавки на стержне или в отверстии (рис. 89). Применяются для установки уплотняющих колец, «выхода» режущего инструмента и в других случаях.

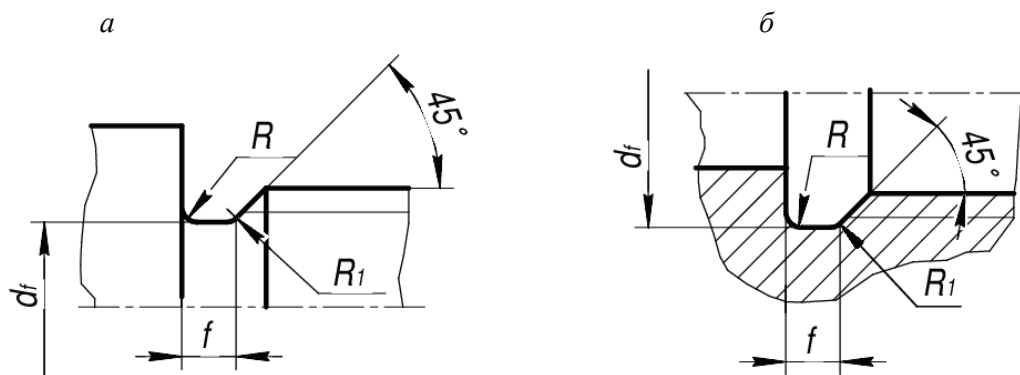


Рис. 89. Примеры проточек и их изображение на чертеже:

а — на стержне; б — в отверстии

2.2.2. Резьба. Изображение резьбы

Резьбой в технике называются чередующиеся выступы и впадины на поверхности тел вращения, расположенные по винтовой линии. Резьба образуется при винтовом движении по цилиндрической или конической поверхности плоской фигуры, лежащей в одной плоскости с осью резьбы.

Основные параметры резьбы

Параметры резьбы регламентируются ГОСТ 11708–82 «Резьба. Термины и определения» (рис. 90):

- **профиль резьбы** определяется контуром, получающимся в секущей плоскости, проходящей через ось резьбы;
- **наружный диаметр цилиндрической резьбы (d, D)** — диаметр, совпадающий с диаметром цилиндрической поверхности, мысленно описанной вокруг вершин наружной (d) или впадин внутренней (D) резьбы;
- **номинальный диаметр резьбы (d)** — диаметр, условно характеризующий размер резьбы и используемый при ее обозначении (в цилиндрических резьбах совпадает с наружным диаметром);
- **шаг резьбы (P)** — расстояние по линии, параллельной оси резьбы между средними точками ближайших одноименных боковых сторон профиля резьбы, лежащими в одной осевой плоскости по одну сторону от оси резьбы;
- **ход резьбы (Ph)** — расстояние по линии, параллельной оси резьбы, на которое переместится любая средняя точка на боковой стороне резьбы за один полный оборот (360°):

$$Ph = P \times n,$$

где P — шаг резьбы, n — количество заходов. Для однозаходной резьбы ход резьбы равен шагу.

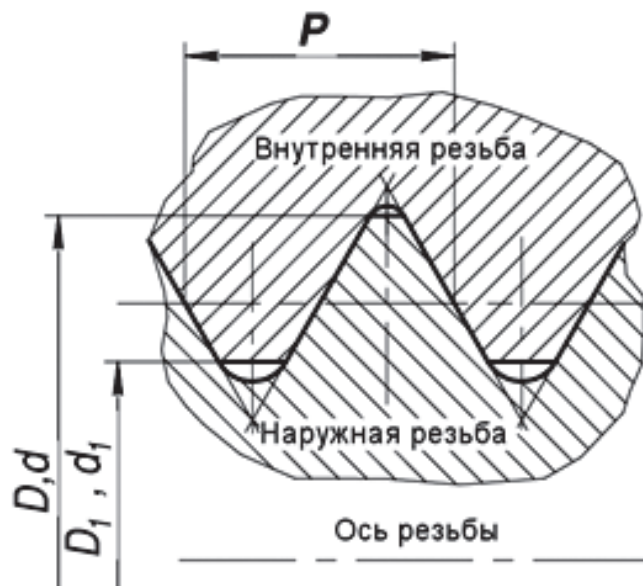


Рис. 90. Основные параметры резьбы

- **сбег резьбы** — участок в зоне перехода резьбы к гладкой части детали, на котором резьба имеет неполный профиль (рис. 91).
- **длина резьбы** — длина участка, на котором образована резьба, включая фаску и сбег резьбы.

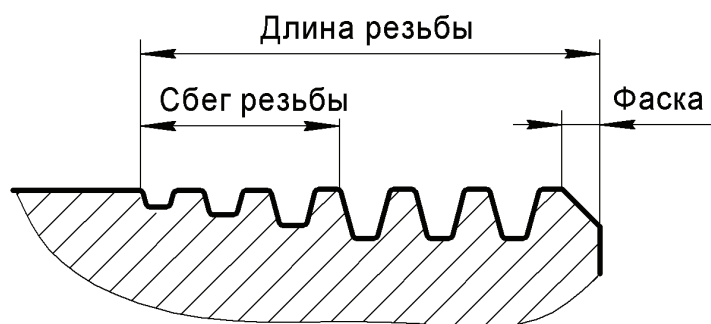


Рис. 91. Длина резьбы

Основные параметры конической резьбы

Номинальные размеры наружного, среднего и внутреннего диаметров конической резьбы задаются в **основной** плоскости. Основная плоскость перпендикулярна к оси резьбы; ее осевое положение определяет размер L_2 — длина резьбы от торца до основной плоскости (рис. 92).



Рис. 92. Основные параметры конической резьбы:

L_1 — рабочая длина резьбы; L_2 — длина резьбы от торца до основной плоскости; P — шаг резьбы;
 D, d — номинальный размер наружного диаметра наружной, внутренней резьбы

Классификация резьбы

Резьба классифицируется по следующим признакам:

1. Единица измерения параметров резьбы:

- метрическая резьба (все размеры задаются в долях метра — миллиметрах);
- дюймовая резьба (размер резьбы задается в дюймах, шаг определяется числом шагов на 1 дюйм).

2. Форма профиля:

- треугольная резьба;
- трапецеидальная резьба;

- круглая резьба;
- прямоугольная резьба.

3. Форма несущей поверхности:

- цилиндрическая резьба (образуется на поверхности цилиндра);
- коническая резьба (образуется на поверхности конуса).

4. Расположение:

- наружная;
- внутренняя (рис. 93).

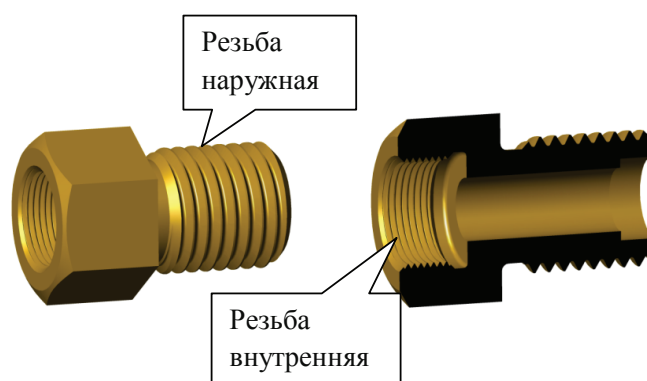


Рис. 93. Резьба наружная и внутренняя

5. Направление винтовой линии:

- правая резьба — фронтальная проекция винтовой линии имеет подъем слева направо (рис. 94, а);
- левая резьба — фронтальная проекция винтовой линии имеет подъем справа налево (рис. 94, б).

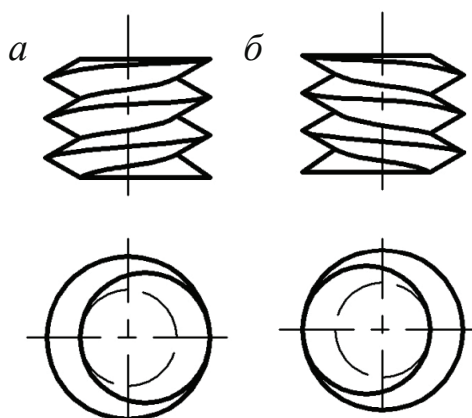


Рис. 94. Резьба правая (а) и левая (б)

6. Величина шага:

- крупный;
- мелкий.

7. Число заходов:

- однозаходная резьба — образующий контур, состоящий из одного профиля резьбы, после каждого оборота вокруг оси поднимается по оси на величину шага винтовой линии P (рис. 95, а).
- многозаходная резьба — образующий контур может быть составлен из двух и более соединенных между собой профилей, и каждый профиль после одного оборота может подниматься на высоту nP , где n — число профилей. В этом случае резьба называется n -заходной. У многозаходной резьбы указывается величина хода и шага (рис. 95, б).

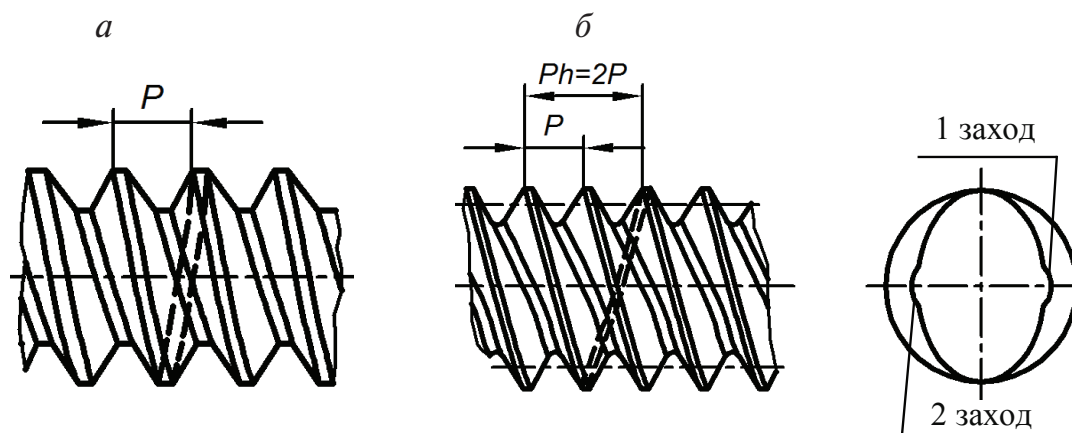


Рис. 95. Резьба:

а — однозаходная; б — двухзаходная (вид спереди и вид слева)

8. Уровень стандартизации:

- стандартная резьба — все виды стандартной резьбы имеют обозначение, профиль, геометрические параметры, определенные ГОСТ;
- нестандартная резьба — не имеет буквенного обозначения;
- специальная резьба — имеет стандартный профиль, но нестандартный диаметр или шаг.

9. Назначение:

- крепежные резьбы — предназначены для соединения деталей. К крепежным резьбам относятся *метрическая цилиндрическая, метрическая коническая, трубная цилиндрическая, трубная коническая, круглая*;
- ходовые резьбы — предназначены для преобразования вращательного движения в поступательное. К ходовым резьбам относятся: *трапецеидальная, упорная, прямоугольная*.

Типы резьб

1. Метрическая резьба, М

Стандартная резьба. Это основной тип крепежной резьбы.

Имеет широкое применение с номинальным диаметром от 1 до 600 мм и шагом от 0,25 до 6 мм. Профиль — равносторонний треугольник (угол при вершине

60°) с теоретической высотой профиля $H = 0,866 P$ (рис. 96). Все параметры профиля измеряются в долях метра (миллиметрах).

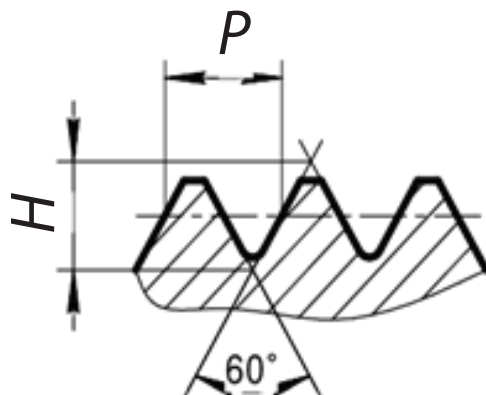


Рис. 96. Профиль метрической резьбы

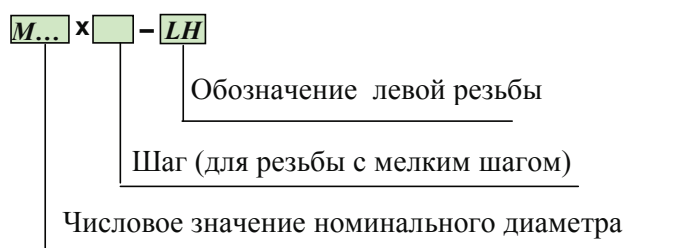
Стандарты:

ГОСТ 24705–2004 «Резьба метрическая. Основные размеры»;

ГОСТ 9150–81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Профиль»;

ГОСТ 8724–81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги».

Условное обозначение резьбы (рис. 97):



У каждого диаметра метрической резьбы в ГОСТ предусмотрен один крупный шаг и несколько мелких шагов. Поэтому мелкий шаг указывается в обозначении резьбы, а крупный шаг не указывается.

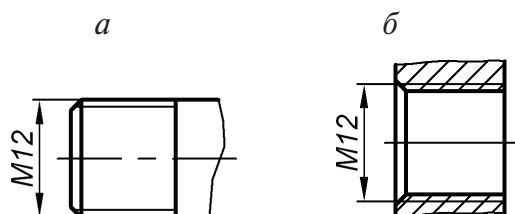


Рис. 97. Примеры изображения метрической резьбы на чертеже:

a — на стержне; $б$ — в отверстии

2. Метрическая коническая резьба, МК

Стандартная резьба, конусность 1:16 — угол конуса $\varphi = 3^\circ 34' 48''$ (рис. 98).

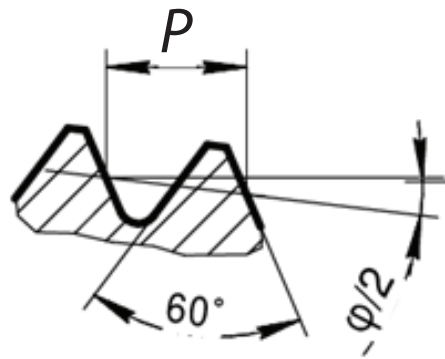


Рис. 98. Профиль метрической конической резьбы

Предназначена для обеспечения герметичности и стопорения резьбы без применения дополнительных средств.

Стандарт:

ГОСТ 25229–82 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая коническая».

Условное обозначение резьбы (рис. 99):

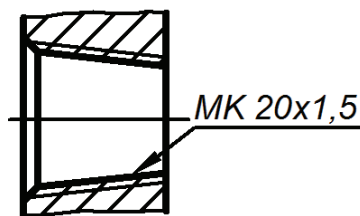
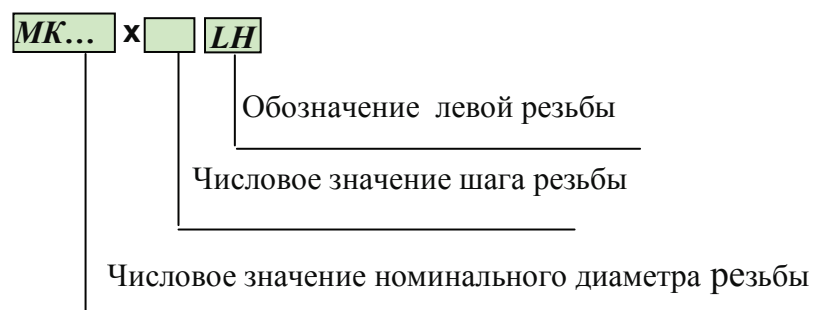


Рис. 99. Пример изображения метрической конической резьбы на чертеже

3. Трубная цилиндрическая, G

Данная резьба относится к дюймовым резьбам, имеет четыре значения шагов: 28, 19, 14, 11 ниток на дюйм.

Угол профиля при вершине 55° , теоретическая высота профиля $H = 0,960491 P$ (рис. 100).

Стандарт:

ГОСТ 6357–81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трубная цилиндрическая».

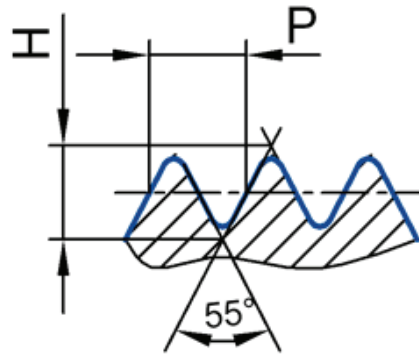
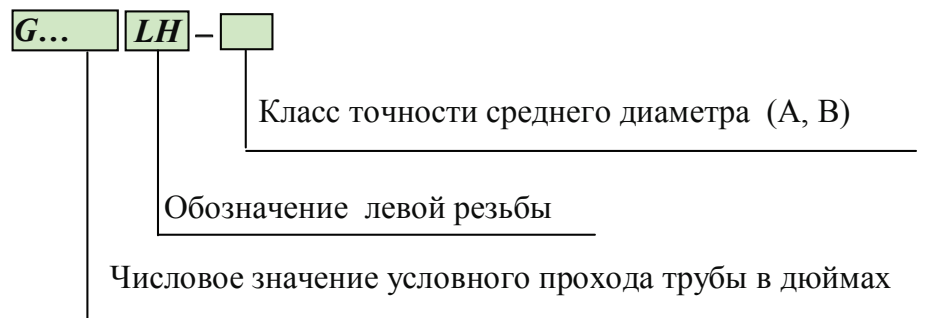


Рис. 100. Профиль трубной цилиндрической резьбы

Условное обозначение резьбы (рис. 101, а):



Номинальный размер резьбы приблизительно равен условному проходу (внутреннему диаметру трубы), выраженному в дюймах (рис. 101, б).

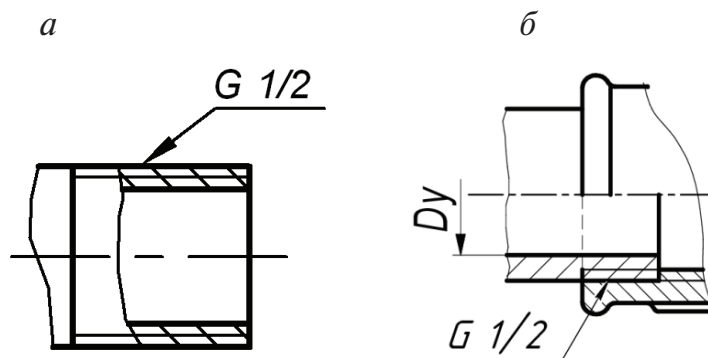


Рис. 101. Трубная цилиндрическая резьба:

а — изображение на чертеже, б — диаметр условного прохода в трубном соединении

Геометрия профиля трубной цилиндрической резьбы с углом 55 градусов и закруглениями на вершинах и впадинах контура обеспечивает минимальные зазоры в трубном соединении и, вследствие этого, высокую герметичность.

Резьба трубная цилиндрическая применяется в элементах трубных соединений: трубах, муфтах, угольниках, тройниках, контргайках, напорных кранах и пр.

4. Резьба Трубная коническая, **R**

Дюймовая резьба с конусностью 1:16 (угол конуса $\phi = 3^\circ 34' 48''$). Угол профиля при вершине 55° , теоретическая высота профиля $H = 0,960491 P$ (рис. 102).

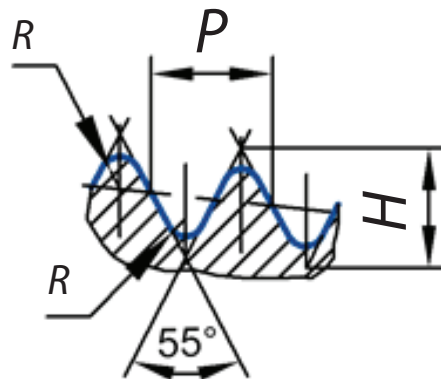
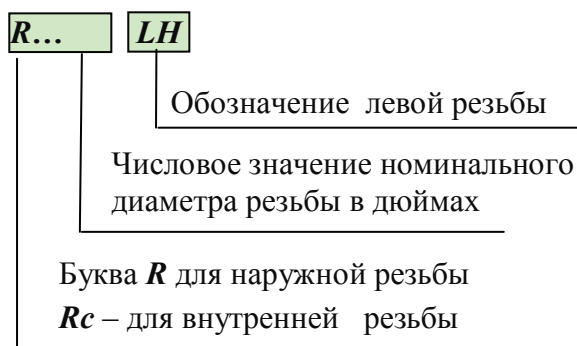


Рис. 102. Профиль трубной конической резьбы

Стандарт:

ГОСТ 6211–81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба».

Условное обозначение резьбы (рис. 103):



a

б

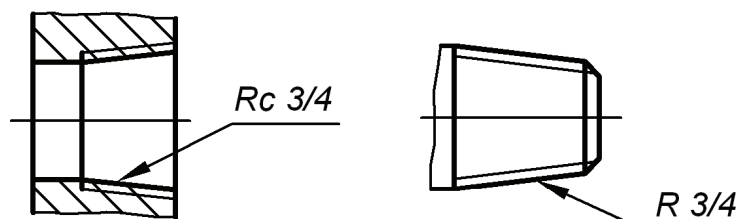


Рис. 103. Изображения трубной конической резьбы на чертеже:

a — в отверстии; *б* — на стержне

5. Резьба Трапецеидальная, **TR**

Стандартная резьба с углом профиля при вершине 30° , теоретическая высота профиля $H = 0,866 P$ (рис. 104).

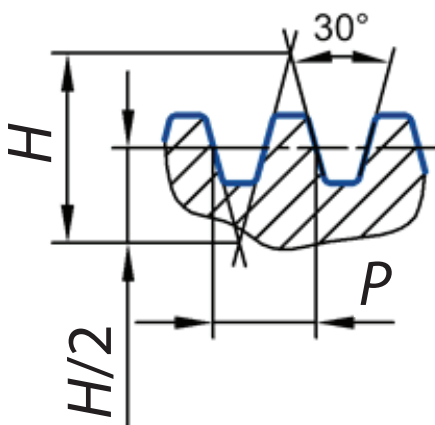


Рис. 104. Профиль трапецеидальной резьбы

Стандарты:

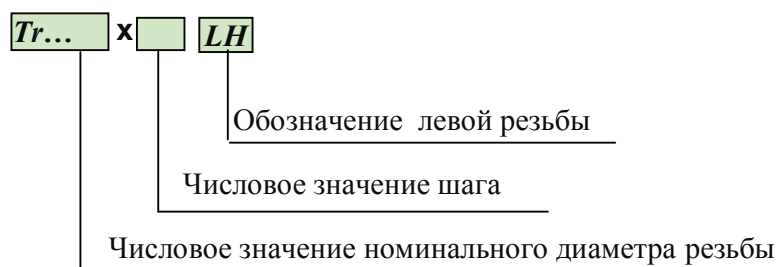
ГОСТ 9484–81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трапецеидальная. Профили»;

ГОСТ 24737–81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трапецеидальная однозаходная. Основные размеры»;

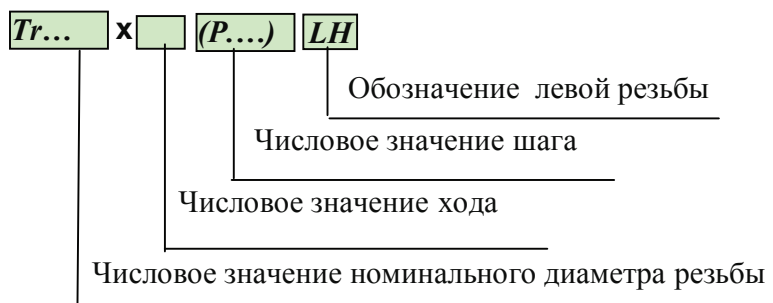
ГОСТ 24738–81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трапецеидальная однозаходная. Диаметры и шаги»;

ГОСТ 24739–81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трапецеидальная многозаходная».

Условное обозначение однозаходной резьбы:



Условное обозначение многозаходной резьбы (рис. 104):



Трапецеидальная резьба широко применяется в винтовых механизмах, таких как силовые винты прессов, подъемные винты для передачи возвратно поступательного движения, а также осевого усилия.

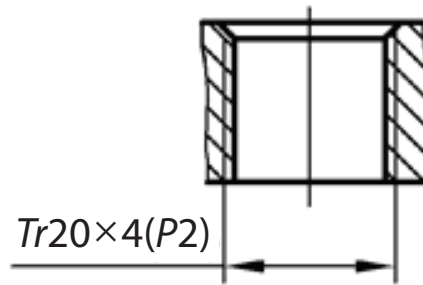


Рис. 105. Резьба трапецеидальная двухзаходная.
Изображение на чертеже

6. Резьба упорная, *S*

Стандартная резьба с углом наклона боковых сторон профиля 30 и 3° (рис. 106).

Используется в винтовых механизмах, подверженных действию односторонне направленных больших осевых усилий, например, в домкратах, винтовых прессах, нажимных винтах прокатных станков и т. п.

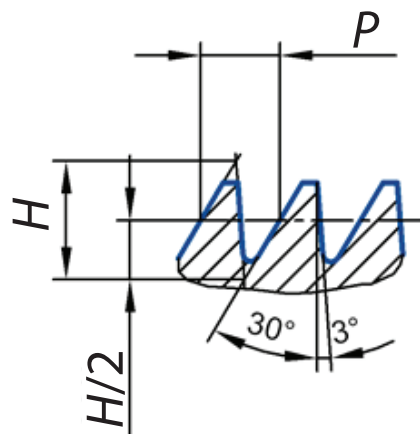
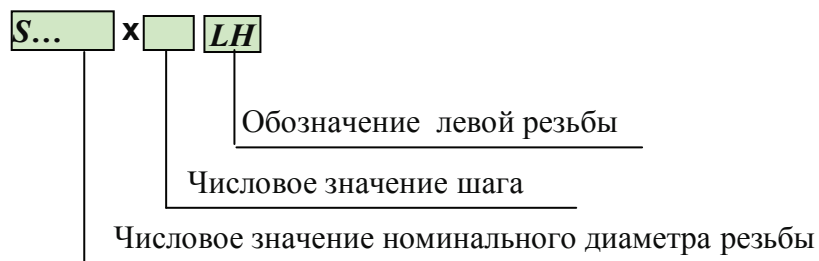


Рис. 106. Профиль упорной резьбы

Стандарт:

ГОСТ 10177–82 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба упорная. Профиль и основные размеры».

Условное обозначение однозаходной резьбы:



Условное обозначение многозаходной резьбы (рис. 107):

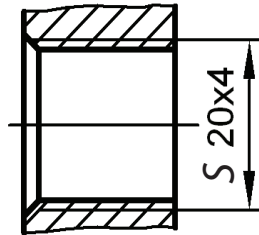
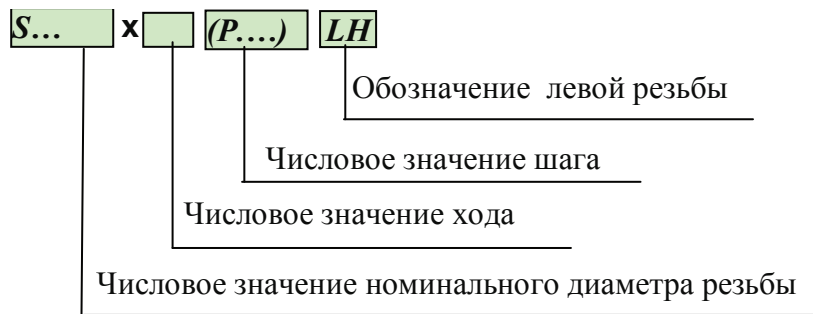


Рис. 107. Резьба упорная

7. Прямоугольная резьба

Резьба нестандартная. Профиль прямоугольной резьбы — в большинстве случаев квадрат со сторонами, равными половине шага; шаг этой резьбы измеряется в миллиметрах или выражается числом витков на 1".

Прямоугольная резьба ранее широко применялась в винтовых механизмах, предназначенных для передачи возвратно-поступательного движения и осевого усилия, таких как винтовые домкраты, ходовые винты токарных станков и пр.

В настоящее время ввиду сложности ее изготовления высокопроизводительными способами почти полностью заменена трапецеидальной резьбой.

Профиль прямоугольной резьбы не стандартизован. Поэтому на чертеже указывают все необходимые для ее изготовления данные (рис. 108).

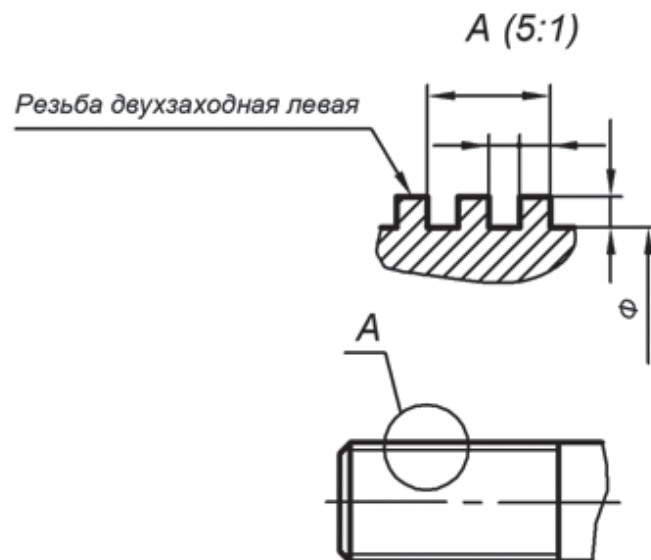


Рис. 108. Изображение прямоугольной резьбы на чертеже:

a — выносной элемент с изображением профиля резьбы и размерами; *б* — условное изображение на чертеже

8. Специальная резьба

Специальная резьба имеет стандартный профиль, но нестандартный шаг или диаметр. Ее обозначают *СП* и условным обозначением профиля:

Cn M19×1,5

Изображение резьбы на чертеже

Резьбу, в соответствии с **ГОСТ 2.311–68**, на чертеже изображают условно, независимо от профиля резьбы (рис. 109–112).

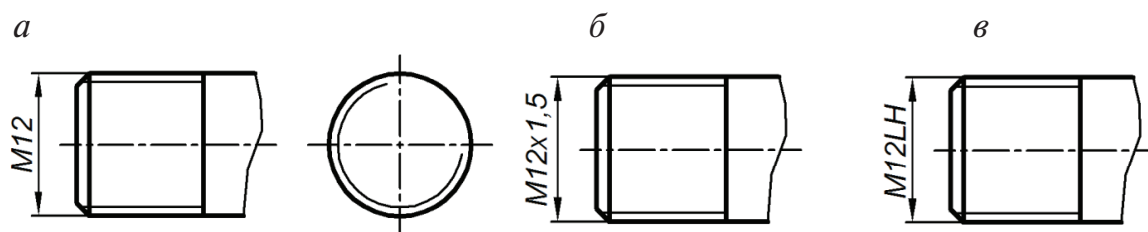


Рис. 109. Пример изображения и обозначения на чертеже метрической наружной резьбы (на стержне):

a — с крупным шагом (вид спереди и слева); *б* — с мелким шагом; *в* — левой резьбы с крупным шагом

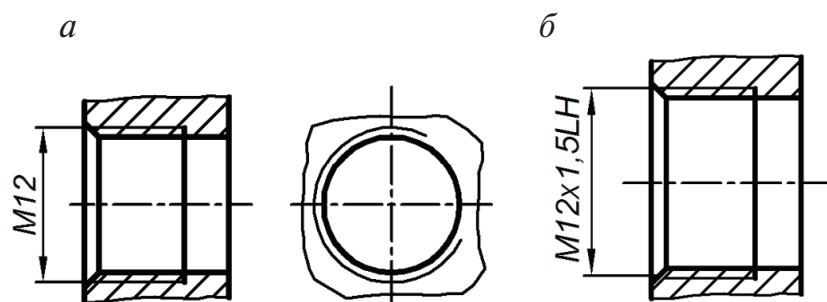


Рис. 110. Пример изображения на чертеже внутренней метрической резьбы (в отверстии):

a — с крупным шагом (фронтальный разрез и вид слева); *б* — с мелким шагом левой резьбы

Фаски на стержне и в отверстии с резьбой в проекции на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, не изображают.

Расстояние между линиями, изображающими наружный и внутренний диаметры резьбы, не менее 0,8 мм и не более шага резьбы.

Изображение конической резьбы на чертеже

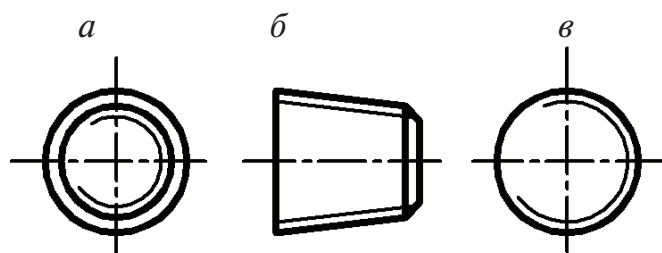


Рис. 111. Пример изображения на чертеже наружной конической резьбы (на стержне):

a — вид справа; *б* — вид слева; *в* — вид слева

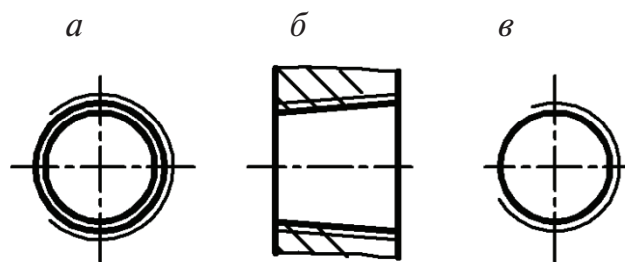


Рис. 112. Пример изображения внутренней конической резьбы:)

a — вид справа; *б* — главное изображение (фронтальный разрез); *в* — вид слева

Изображение элементов резьбы на чертеже

Перед нарезанием резьбы обычно выполняют коническую фаску. При нарезании резьбы в глухом отверстии образуется недорез резьбы (недовод + сбеги резьбы), размер которого z можно ориентировочно принять равным $2P$, где P — шаг резьбы (рис. 113).

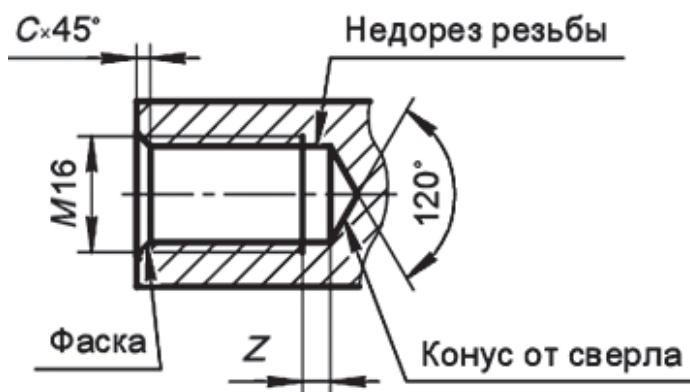


Рис. 113. Изображение глухого резьбового отверстия

При нарезании резьбы полного профиля без сбега для вывода резьбонарезающего инструмента выполняется проточка (рис. 114). Размеры проточек, фасок, сбегов и т. п. определены ГОСТ 10549–80 (прил. 4).

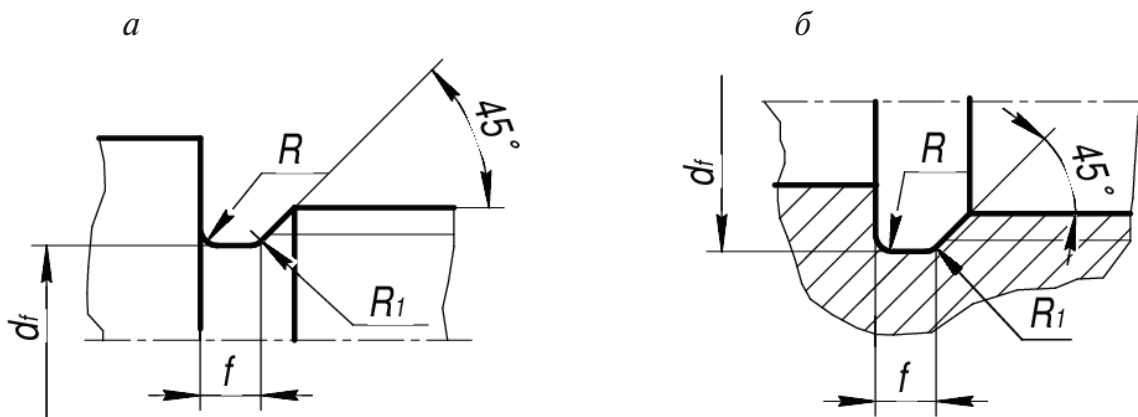


Рис. 114. Пример изображения резьбовых проточек:

a — на стержне; *б* — в отверстии

Изображение резьбы в резьбовом соединении

В соответствии с **ГОСТ 2.311–68**, при изображении резьбового соединения на продольных разрезах резьба на стержне закрывает резьбу в отверстии, поэтому резьба в отверстии показывается только там, где она не закрыта резьбой стержня (рис. 115):

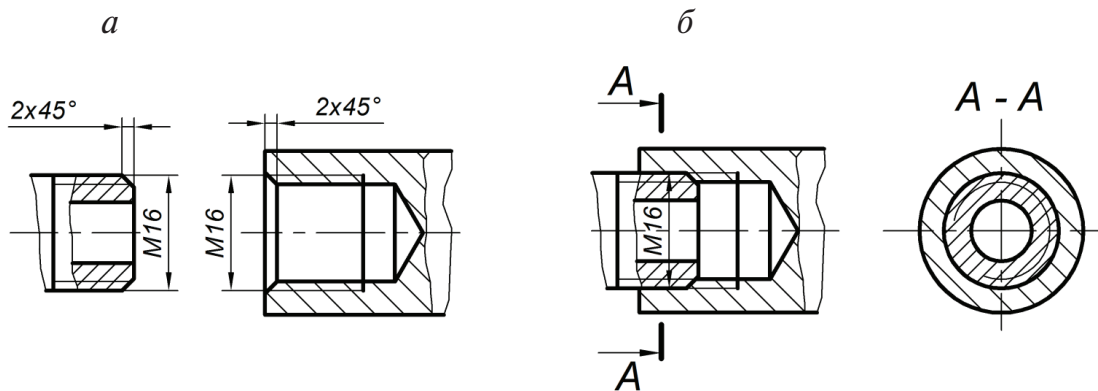


Рис. 115. Пример изображения резьбового соединения:

a — исходные детали; *б* — резьбовое соединение деталей

2.2.3. Этапы создания рабочего чертежа детали

Рабочий чертеж детали выполняют в следующем порядке:

1. Выбирают главное изображение на основе анализа геометрической формы детали. В соответствии с **ГОСТ 2.305–2008**, главное изображение наилучшим образом отображает конфигурацию детали, содержит основные размеры, необходимые для ее изготовления.

Для механически обработанных деталей главное изображение принято выбирать так, чтобы ось детали была параллельна горизонтальной линии рамки чертежа.

От рационального выбора главного изображения зависит количество и расположение на чертеже других проекций, которые выполняются для того, чтобы отобразить форму и размеры тех элементов конструкции, которые не удалось показать, или полностью определить их форму и размеры на главном изображении.

2. Задают масштаб чертежа (по **ГОСТ 2.301–68**) и выбирают формат листа (**ГОСТ 2.302–68**). При этом необходимо следить за тем, чтобы поле чертежа было заполнено приблизительно на 70 %. Избыточное заполнение чертежа, так же как и недостаточное, нежелательно. Первое приводит к ухудшению восприятия информации, а второе — к ненужному расходу бумаги.

3. Оформляют лист чертежа в соответствии с **ГОСТ 2.104–2006** (см. рис. 1 и 2).

4. С помощью мерительных инструментов (например, штангенциркуля) определяют размеры детали.

5. Намечают габаритными прямоугольниками расположение проекций, проводят осевые и центровые линии для каждой проекции.

6. Строят изображения внутри габаритных прямоугольников (**ГОСТ 2.305–2008**). Сначала намечают контуры изображения, затем строят необходимые разрезы, сечения.

7. Условно изображают резьбовые поверхности (если такие имеются) в соответствии с **ГОСТ 2.311–68**.

8. Наносят размеры (по **ГОСТ 2.307–2011**).

9. Удаляют лишние линии, обводят чертеж линиями, соответствующими **ГОСТ 2.303–68**, наносят штриховку в разрезах и сечениях (**ГОСТ 2.306–68**).

10. Проставляют знаки шероховатости поверхностей в соответствии с **ГОСТ 2.309–73**.

11. Записывают технические требования.

12. Заполняют основную надпись.

Указания размеров на чертеже детали

Правильное и грамотное нанесение размеров имеет важнейшее значение для выполнения и чтения чертежа и должно соответствовать технологии изготовления детали в материале. В разделе «Общие правила оформления чертежей» уже были описаны основные положения нанесения размеров (см. с. 15–17). Ниже приводится более углубленное рассмотрение этого вопроса.

Правила указания размеров на чертеже детали

1. Этап простановки размеров является сложным и ответственным. Для задания размеров требуется определить необходимый минимум размеров, обеспечивающий изготовление детали и осуществления контроля. Нанесение размеров на чертеже должно обеспечить удобство его использования; не следует повторять размеры и проставлять лишние размеры.

2. На главном изображении проставляют преобладающее количество размеров, а на остальных изображениях наносят размеры тех элементов, наличие которых обусловило выполнение данного изображения.

3. При нанесении размеров на какой-либо отдельный элемент, например, на отверстие, проточку и т.п. их стараются указать на одном изображении — на том, где форма элемента отображена наиболее полно (рис. 116).

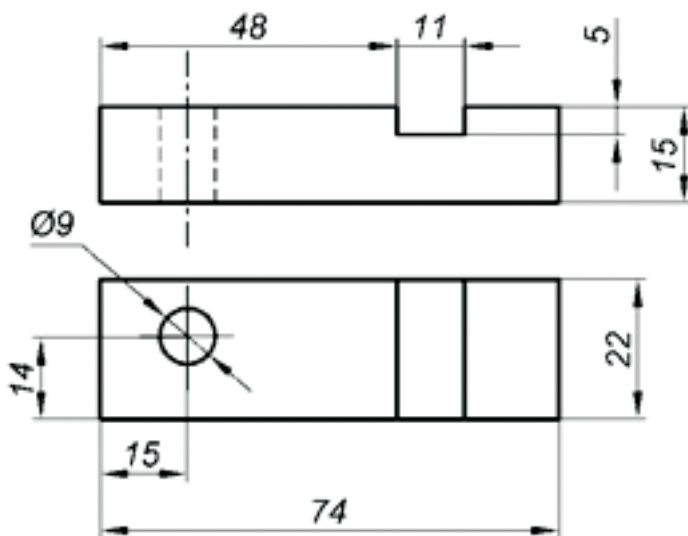


Рис. 116. Нанесение размеров, относящихся к одному и тому же конструктивному элементу

4. При указании размеров одинаковых элементов наносят размеры на один элемент и указывают на полке линии-выноски количество таких элементов (рис. 117).

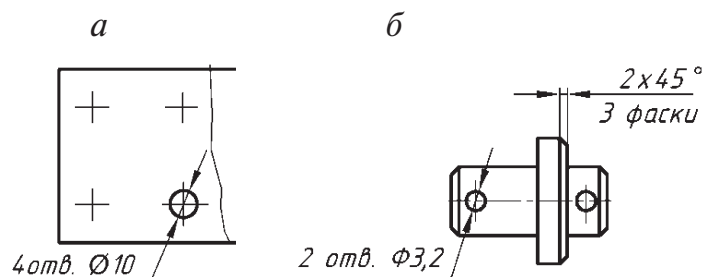


Рис. 117. Указание размеров нескольких одинаковых элементов:

а — на плоскости; *б* — на цилиндрической поверхности

5. При нанесении размеров элементов, равномерно расположенных по окружности вместо угловых размеров, определяющих взаимное расположение элементов, указывают только их количество (рис. 118).

6. При совмещении на одном изображении вида и разреза рекомендуется размеры внешних поверхностей наносить на изображении вида, размеры внутренних поверхностей — на изображении разреза.

7. Если размер проставлен на каком-либо изображении чертежа, то на других изображениях его повторять не допускается.

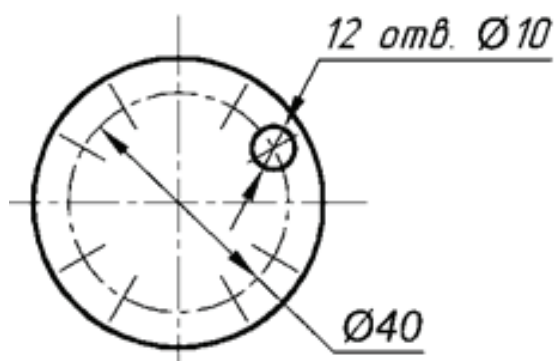
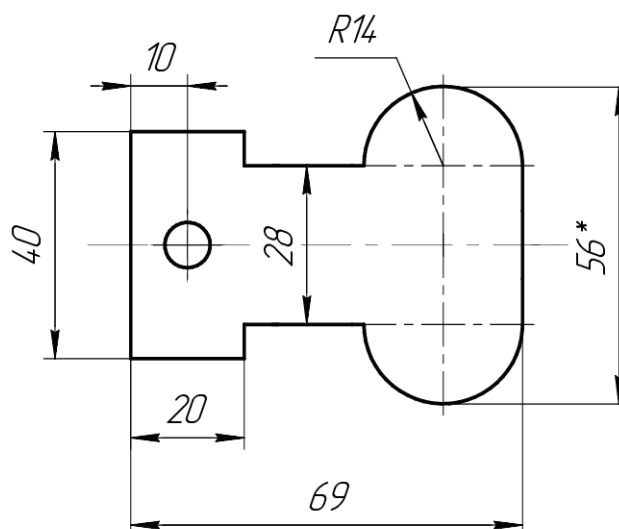


Рис. 118. Выполнение размеров элементов, равномерно расположенных по окружности

8. В соответствии с **ГОСТ 2.305–2008**, размеры на чертеже не должны образовывать замкнутую цепочку. При необходимости указания размеров, составляющих замкнутую цепь, один из размеров указывают как справочный. Его отмечают знаком *. На рис. 119 размеры 28, R14, 56 образуют замкнутую цепь, так как любой из них может быть получен из остальных двух размеров. Поэтому габаритный размер 56 отмечен как справочный размер знаком *.

9. При наличии справочных размеров на чертеже в технические требования вносят пункт «*Размеры для справок».



* Размеры для справок

Рис. 119. Указание размеров, составляющих замкнутую цепь.

10. Размеры, определяющие положение симметрично расположенных поверхностей у симметричных изделий, наносят относительно их общей оси симметрии (рис. 120).

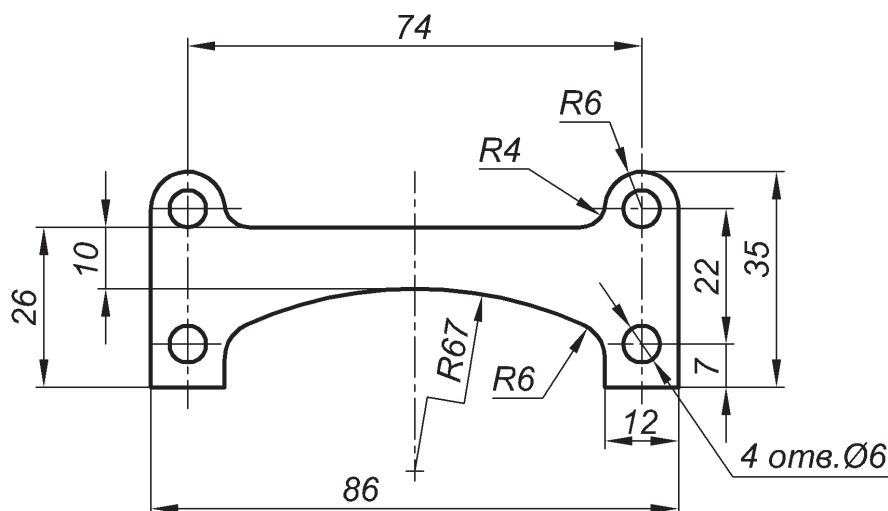


Рис. 120. Указание размеров (74, 86) симметрично расположенных поверхностей относительно их общей оси симметрии

При нанесении размеров на чертеже необходимо учитывать возможность выполнения и контроля этих размеров, а также обеспечение требуемой точности конструкции. Для этих целей используют размерные базы.

Размерной базой может быть точка, прямая линия, плоскость или поверхность, от которой ведут отсчет размеров при конструировании и контроле. Размерные базы включают:

- *конструкторские базы*, которые определяют положение детали в механизме при эксплуатации (простановка размеров не отражает технологию изготовления детали);
- *технологические базы*, они определяются в зависимости от способа изготовления детали. Например, системы простановки размеров будут различны при точении, литье, штамповке и т. д.;
- *измерительные базы*, которые определяют относительное положение детали и измерительного инструмента и др.

Чаще всего за базы принимаются:

- плоскости, от которых ведется отсчет размеров и обычно начинается обработка детали;
- линии (оси симметрии, прямые линии кромок детали), от которых ведут отсчет размеров до отдельных элементов детали;
- точка (в качестве полюса системы полярных координат и ось) как база для отсчетов углов.

В конструкторских чертежах, в основном, при простановке размеров используют конструкторские базы.

Размеры относительно баз можно указывать следующими способами:

- от одной основной базы (поверхности, оси) — рис. 121, *а*;
- от нескольких основных баз (рис. 121, *б*);
- указанием размеров между смежными элементами (цепочкой) — рис. 121, *в*.

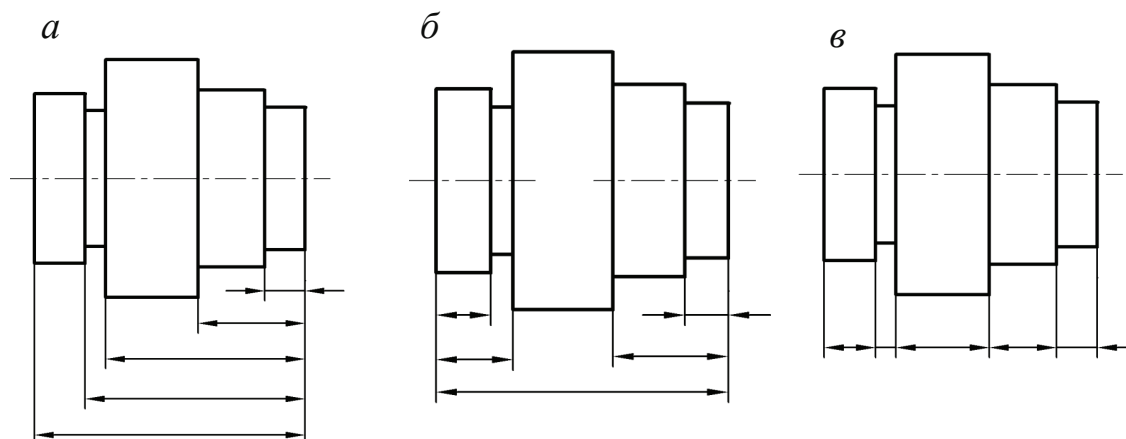


Рис. 121. Способы нанесения размеров:

а — от одной базы; *б* — от нескольких баз; *в* — цепочкой

Чаще всего в чертежах при простановке размеров используют комбинацию указанных способов. При этом цепочкой, как правило, проставляют не более двух-трех размеров из-за накапливающейся при этом погрешности измерения.

На рис. 122 показан пример простановки диаметров поверхностей вращения, конструкторской базой для которых является их общая ось.

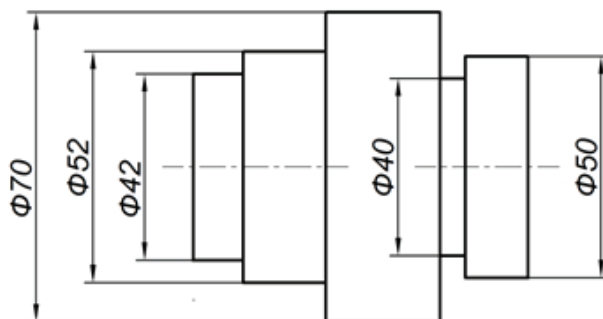


Рис. 122. Нанесение размеров диаметров поверхностей вращения относительно их оси вращения

Шероховатость поверхности

Любая поверхность детали имеет микронеровности в виде выступов и впадин (рис. 123).

Шероховатость поверхности — совокупность неровностей, образующих рельеф поверхности, на базовой длине L . Шероховатостью определяется качество поверхностей деталей машин.

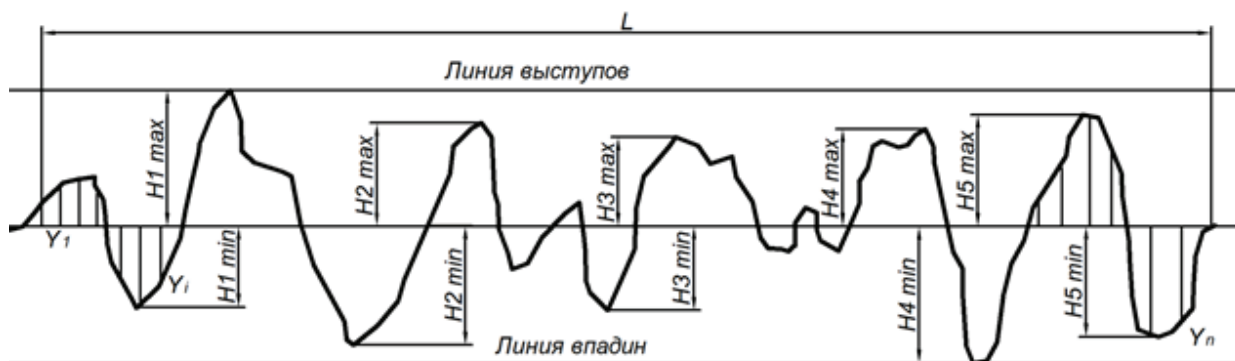


Рис. 123. Увеличенное изображение рельефа поверхности на базовой длине L :

L — базовая длина; m — средняя линия профиля; $H_{1\max} - H_{5\max}$ — высота 5 наивысших точек в пределах базовой длины L ; $H_{1\min} - H_{5\min}$ — высота 5 наинизших точек в пределах базовой длины L ; y_1, y_n, y_i — расстояние точек впадин и выступов от средней линии профиля

Требования к шероховатости поверхности указываются при помощи параметров шероховатости. **ГОСТ 2789–73** определяет следующие параметры шероховатости:

R_a — среднее арифметическое отклонение профиля, мкм — есть среднее значение расстояний точек выступов и впадин от средней линии профиля m в пределах базовой длины L :

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где n — число выбранных точек на базовой длине;

R_z — высота неровностей профиля по 10 точкам, мкм — среднее расстояние между 5 высшими точками выступов и 5 низшими точками впадин в пределах базовой длины L :

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |H_i \max| + \sum_{i=1}^5 |H_i \min|}{5}.$$

Шероховатость поверхности на чертеже указывается в соответствии с **ГОСТ 2.309–73**. Структура обозначения включает использование специального знака (табл. 9) и параметра шероховатости — R_a или R_z . Параметр R_a является предпочтительным.

Значение высоты h должно быть приблизительно равно высоте цифр размерных чисел на данном чертеже, а значение высоты H — приблизительно в 1,5–3 раза больше. Знаки, указываемые на изображениях чертежа, выполняют сплошной тонкой линией. Размеры цифр, характеризующих значение параметров шероховатости, должны соответствовать размеру чисел на изображении детали.

Обозначение шероховатостей поверхностей на чертежах деталей можно расположить:

- на линиях контура детали или на полках линий-выносок (рис. 124).

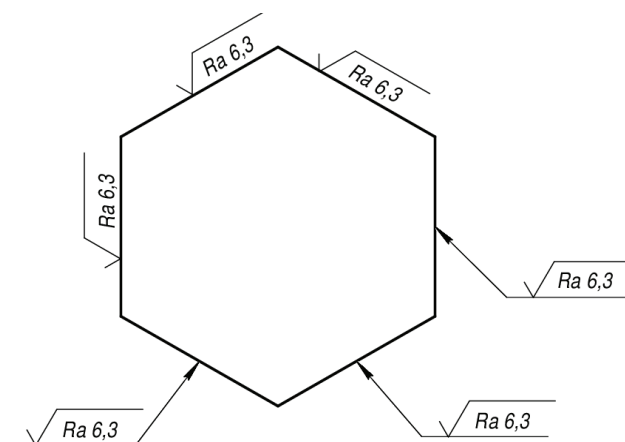


Рис. 124. Нанесение шероховатости поверхности на линиях контура детали и на полках линий-выносок

При этом допускается при недостатке места разрывать выносную линию (рис. 125);

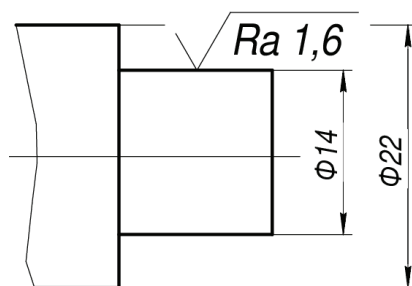


Рис. 125. Нанесение шероховатости поверхности с разрывом выносной линии

— на выносных линиях (рис. 126).

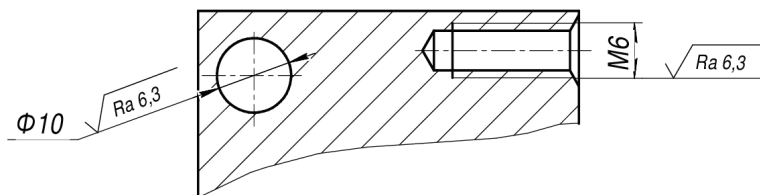


Рис. 126. Нанесение шероховатости поверхности на выносных и размерных линиях

Таблица 9

Знаки, применяемые в обозначении шероховатости на чертеже

Знак	Область применения
	Для обозначения шероховатости поверхностей, способ обработки которых конструктором не задается (например, когда поверхность допускается изготовить различными способами)
	Для обозначения шероховатости поверхностей, которые должны быть образованы удалением слоя материала (точением, шлифованием, строганием, сверлением и т. д.)
	1. Для обозначения шероховатости поверхностей, которые должны быть образованы без удаления слоя материала (например, литьем, штамповкой, прокаткой и т. д.) с указанием параметра шероховатости. 2. Для обозначения поверхностей, не подлежащих по данному чертежу дополнительной обработке (при изготовлении детали из материала определенного профиля и размера, например, из шестигранника, квадрата, круга и т. п.) без указания параметра шероховатости. В этом случае в графе «Материалы» основной надписи чертежа указывается сортament материала со ссылкой на стандарт, который устанавливает состояние таких поверхностей
	При обозначении шероховатости группы поверхностей, образующих замкнутый контур

Если все поверхности детали имеют одинаковую шероховатость, то обозначение шероховатости указывают одним знаком для всех поверхностей, который помещают в правом верхнем углу чертежа.

Знак при этом выполняют основной линией в 1,5–2 раза крупнее, чем знаки, указываемые на изображениях.

Если не все поверхности детали имеют одинаковую шероховатость, то в правый верхний угол выносится значение шероховатости, которую имеет большая часть поверхностей. При этом к обозначению добавляется знак ($\sqrt{}$), указывающий, что поверхности, которые не имеют обозначения шероховатости на изображении, должны иметь шероховатость, указанную перед данным знаком. Размеры и толщина линий знака, взятого в скобки, выполняются равными размерам знаков на чертеже (рис. 127).

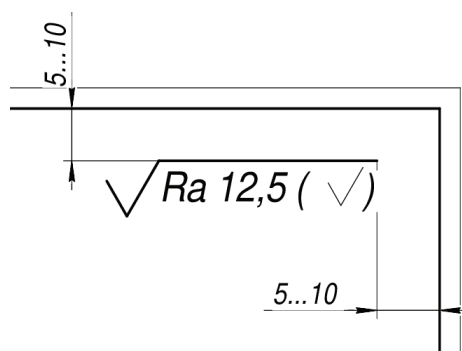


Рис. 127. Обозначение шероховатости, одинаковой для группы поверхностей детали

При определении численного значения шероховатости поверхности деталей подразделяют на свободные и соприкасающиеся.

Свободными называют поверхности, которые не соприкасаются с другими поверхностями.

Соприкасающиеся поверхности разделяют на рабочие и привалочные:

- **рабочими** называют соприкасающиеся поверхности, которые перемещаются относительно друг друга;
- **привалочными** называют соприкасающиеся поверхности, неподвижные относительно друг друга.

К шероховатости рабочих поверхностей предъявляются самые высокие требования. Чем точнее сопряжение поверхностей, тем ниже должна быть их шероховатость. К шероховатости привалочных поверхностей требования обычно менее жесткие. К шероховатости свободных поверхностей, как правило, предъявляются самые низкие требования.

В табл. 10 приведены ориентировочные значения шероховатости в зависимости от характера поверхности, а в табл. 11 — значения шероховатости поверхности, достигаемые при различных способах ее обработки.

Таблица 10

Ориентировочные значения шероховатости поверхности

Поверхности	Ra , мкм	Rz , мкм
Свободные		200
	25	100
	12,5	50

Окончание табл. 10

Поверхности	Ra , мкм	Rz , мкм
Соприкасающиеся (неподвижные, присоединительные, резьбовые)	6,3 3,2	25
Рабочие (подвижные, трущиеся)	3,2 1,6 0,8 0,4	—

Таблица 11

**Достижаемая шероховатость поверхности при различных способах обработки
(чистовая обработка)**

Среднее арифметическое отклонение профиля в мкм Ra	100	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8
Точение				+	+	+	+	
Сверление					+	+	+	+
Строгание				+	+	+		
Растачивание					+	+		
Фрезерование					+	+	+	
Развертывание							+	+
Шлифование						+	+	+

Нанесение технических требований на чертеже

Технические требования на чертеже наносятся в соответствии с **ГОСТ 2.316–2008**. Они записываются над основной надписью и не могут быть отделены от нее ни текстовой, ни графической информацией.

Текст технических требований выполняют в соответствии с **ГОСТ 2.105–95**:

- каждому пункту технических требований должен быть присвоен порядковый номер;
- каждый пункт начинают абзацным отступом, равным 15–17 мм;
- расстояние от рамки формата до границы текста в начале и конце строк — не менее 3 мм;
- расстояние от нижней строки текста до рамки основной надписи — не менее 10 мм;
- при изложении требований в тексте должны применяться слова: «должен»; «следует»; «необходимо»; «требуется, чтобы»; «разрешается только»; «не допускается»; «запрещается»; «не следует».

Согласно **ГОСТ 2.316–2008**, заголовок «Технические требования» не пишут. Если текст технических требований не помещается в одну колонку, то на листах большего, чем А4, формата допускается размещать текст в две и более колонки шириной 185 мм каждая.

Технические требования излагают по возможности в следующем порядке:

- 1) требования, предъявляемые к материалу, заготовке, термической обработке и т. п.;
- 2) размеры, предельные отклонения размеров и т. п.;
- 3) требования к покрытию, отделке поверхности и т. п.;
- 4) указания о маркировании и клеймении;
- 5) правила транспортировки и хранения.

*Задание для самостоятельной работы по теме
«Чертежи деталей, изготовленных механической обработкой»*

Задание для самостоятельной работы студентов по данной теме преследует следующие цели:

- приобретение навыков эскизирования в условиях отсутствия чертежных инструментов: развитие способностей адекватной оценки пропорций детали и соотношений между размерами отдельных ее элементов; выработка умения правильной компоновки чертежа, аккуратного построения изображений, использования стандартных типов линий, правил нанесения размеров, шероховатостей и пр.;
- освоение правил выполнения и оформления чертежа и эскиза детали, изготовленной способами механической обработки;
- изучение правил нанесения размеров механически обработанной детали, знакомство с приемами и инструментами для обмера детали;
- знакомство с материалами, применяемыми в машиностроении, и их обозначением на чертеже.

Наименование задания: «Эскиз механически обработанной детали».

Содержание работы

Выполнить с натуры детали из модельного парка кафедры эскизный чертеж механически обработанной детали на формате А3, от руки, без масштаба, с соблюдением пропорций детали в пределах глазомерной точности и требований ЕСКД к оформлению чертежа (в пределах, предусмотренных для учебных чертежей).

Порядок выполнения работы:

- 1) получить задание у преподавателя;
- 2) определить нужное количество проекций на чертеже, их взаимосвязь, форму;
- 3) подобрать из литературы марку материала детали;
- 4) исходя из сложности детали, определить габаритные размеры будущих изображений (т. е. установить глазомерный масштаб — следует ли увеличить/уменьшить изображение и на какую величину);
- 5) выполнить изображения детали с соблюдением проекционной связи;
- 6) определить размеры детали обмером ее при помощи специального мерительного инструмента (штангенциркуля) и нанести на эскиз;
- 7) указать шероховатость поверхностей;
- 8) выполнить форматную рамку, заполнить основную надпись.

На рис. 128–133 представлены примеры учебных чертежей деталей, полученных механообработкой.

Далее дается описание особенностей выполнения указанных чертежей.

1. Штуцер (рис. 129). Конструктором не указан способ получения поверхностей данной детали. Это означает, что поверхности могут быть получены как со снятием слоя материала (т.е. механообработкой), так и без снятия. Большая часть поверхностей данной детали — поверхности вращения. Такие детали традиционно на главном изображении ориентируют так, чтобы ось вращения детали была параллельна линии рамки чертежа. Выполнены половина вида детали спереди и половина фронтального разреза, т.к. эти изображения симметричны.

Для изображения шестигранного элемента и задания размера 36 «под ключ», выполнен вид слева, причем на главном изображении показывается наибольшее количество граней, т.е. три. Фаска на шестиграннике выполняется под углом 30° , а линии пересечения конической фаски и шестигранника (гиперболы) вычерчиваются в виде дуг окружностей. Деталь имеет наружную метрическую резьбу М20х2 с номинальным диаметром 20 и мелким шагом 2 и внутреннюю резьбу М12 с крупным шагом.

На виде слева выполнен местный разрез одного сквозного отверстия диаметра 2, предназначенного для закрепления детали, второе отверстие показано осевой линией. Для более подробного изображения и простановки размеров проточки, предназначенной для выхода резьбонарезающего инструмента, выполнен выносной элемент в масштабе 4:1.

Размеры проточки определяются по **ГОСТ 10549–80** (прил. 4). Размеры длины поверхностей вращения проставлены от торцовых плоскостей, которые являются технологическими базами А и Б, размеры проточки проставлены от вспомогательной базы В. Указан габаритный размер 65, причем в размерной цепи размер длины поверхности диаметра 50 является свободным. Размеры наружных поверхностей проставлены со стороны вида, а размеры внутренних поверхностей — со стороны разреза.

Шероховатость резьбовых поверхностей $Ra\ 6,3$ нанесена на чертеже, а шероховатость неуказанных на чертеже поверхностей обозначена в правом верхнем углу чертежа.

2. Корпус (рис. 130). Деталь имеет 4 шлица, для изображения которых выполнен вид слева и проставлены размеры: размер глубины шлица 6 проставлен от наружной цилиндрической поверхности, ширина шлица 10.

Наружные поверхности вращения обрабатываются от технологической базы, правой торцовой плоскости, а внутренние поверхности вращения обрабатываются от технологической базы, левой торцовой плоскости, соответственно, размеры проставлены от этих баз.

Проточка предназначена для нарезания резьбы М56 с мелким шагом 3.

3. Заглушка (рис. 131). Деталь имеет плоские грани — лыски, предназначенные для захватывания детали гаечным ключом. На виде слева проставлен размер 19 под ключ, а на главном изображении плоские грани условно изображаются тонкими диагональными линиями.

На цилиндрической поверхности диаметра 24 выполнена насечка — сетчатое рифление, предотвращающее деталь от проскальзывания. Рифление выполняется в соответствии с **ГОСТ 21474–75**, на чертеже на полке линии-выноски обозначаются тип рифления, ГОСТ, шаг рифления 1,2, угол 30° .

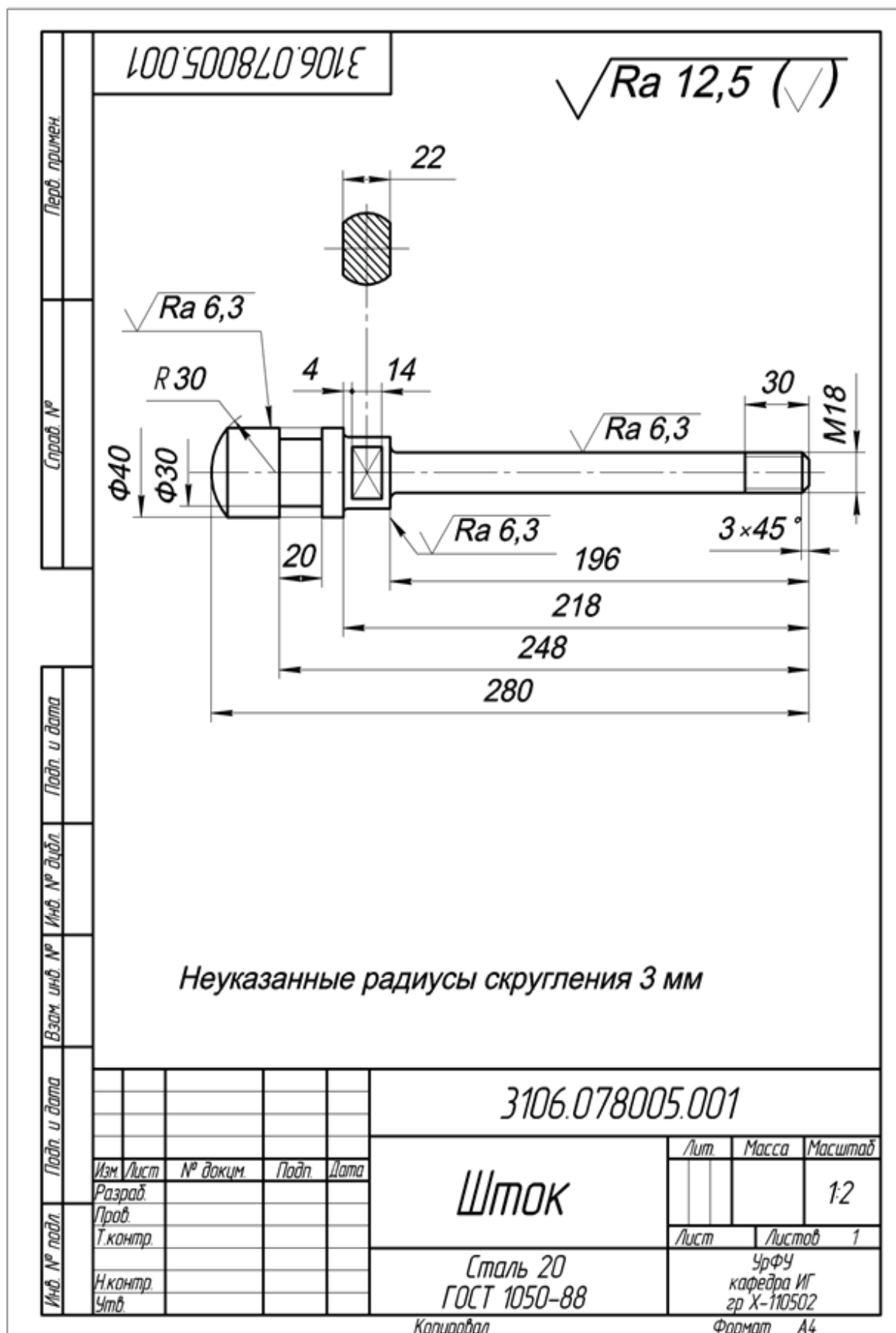


Рис. 128. Пример учебного чертежа штока



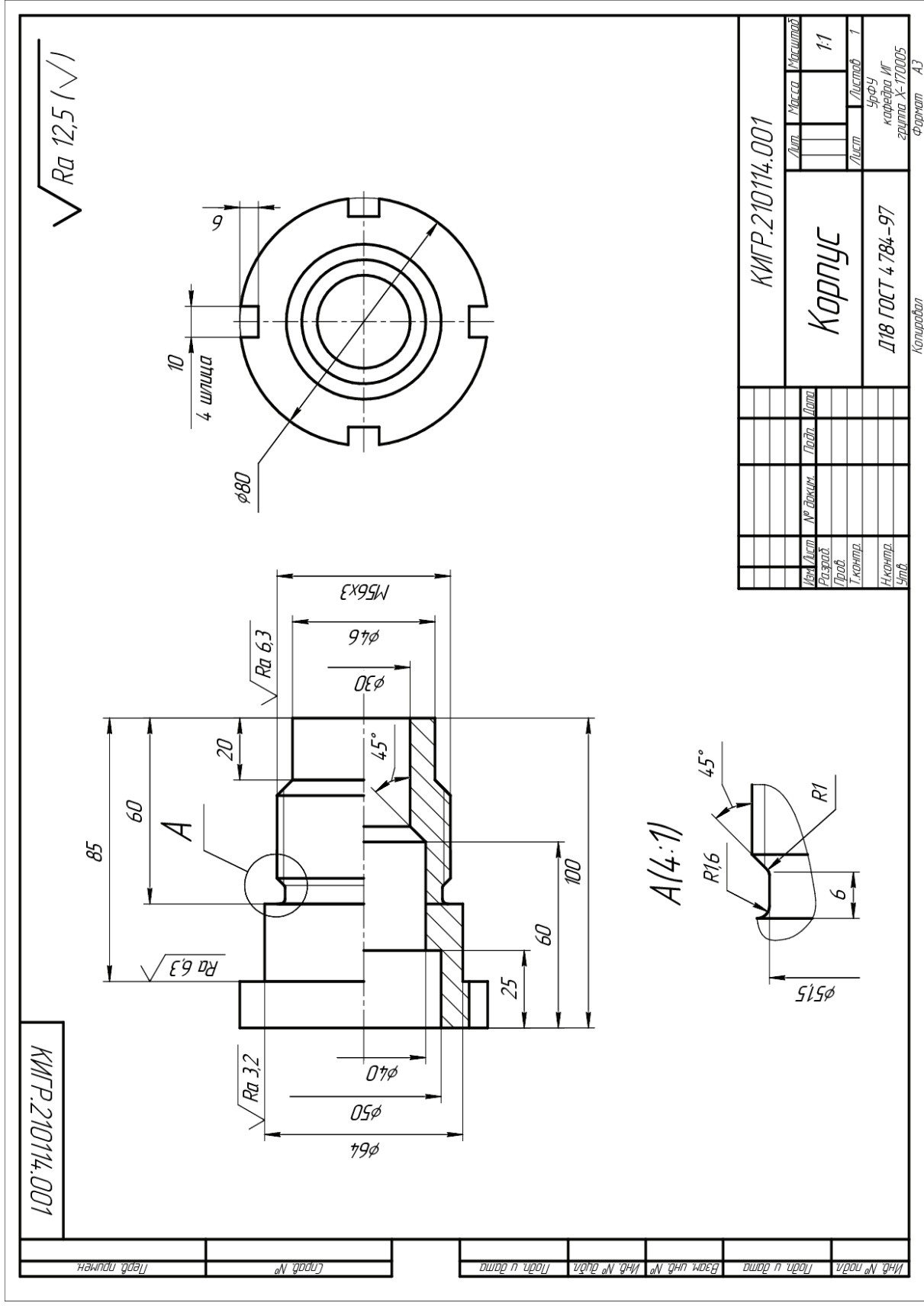


Рис. 130. Пример учебного чертежа корпуса



4. Втулка (рис. 132). На виде слева изображены две группы равномерно расположенных отверстий: 4 отверстия с резьбой М6 и 4 гладкие сквозные отверстия диаметром 5 с цилиндрической зенковкой диаметром 8, — также на виде слева указан размер 54 диаметра центральной окружности и размер относительного расположения отверстий (угол 25°).

На главном изображении выполнен сложный ломаный разрез А—А для изображения внутренней формы детали, а также формы отверстий.

Наружная форма детали образована конической поверхностью, указан размер конусности 1:7. Коническая поверхность детали является сопрягаемой и предусматривает плотное прилегание в сборке, поэтому к ней предъявляются высокие требования в отношении точности изготовления и шероховатости. Параметр указанной шероховатости конической поверхности — $Ra\ 0,8\ \text{мк}$ (шлифование).

5. Пробка (рис. 133). На главном изображении выполнены часть вида спереди и часть фронтального разреза, ограниченные тонкой линией обрыва. На цилиндрической поверхности выполнены лыски, предназначенные для удержания детали при закручивании. На виде слева проставлен размер 32 «под ключ» и выполнен местный разрез сквозного резьбового отверстия М5.

Линии пересечения конических фасок на цилиндрической поверхности и лысок вычерчены дугами окружности. Размер длины цилиндрической поверхности диаметра 38 не указан, т. к. является свободным в размерной цепи.

6. Валик (рис. 134). Деталь состоит из четырех соосных цилиндрических поверхностей. Для предотвращения проворачивания детали на цилиндрической поверхности диаметра 36 сняты четыре лыски, проекция которых и размер 30 «под ключ» выполнены на виде слева.

На главном изображении плоские грани лысок изображаются тонкими диагональными линиями.

На валике имеются отверстия; для изображения формы и задания глубины отверстий на главном изображении выполнены местные разрезы, причем линии пересечения цилиндрических поверхностей отверстий и цилиндрической поверхности валика изображаются упрощенно в соответствии с ГОСТ.

Для изображения четырех сквозных отверстий диаметра 12 выполнено вынесенное сечение в проекционной связи.

Шероховатость $Ra\ 6,3$ двух цилиндрических поверхностей указана на чертеже, шероховатость остальных поверхностей указывается в правом верхнем углу чертежа.

7. Фланец (рис. 135). На главном изображении выполнен сложный ломаный разрез А—А. Секущие плоскости проходят через сквозные отверстия диаметром 10 с цилиндрической зенковкой диаметром 15 и глухие резьбовые отверстия М6.

На виде слева изображаются количество и взаимное расположение этих отверстий, причем показано одно из этих отверстий, а остальные показаны осями в соответствии с ГОСТ.

Для подробного изображения и простановки размеров резьбового отверстия выполнен выносной элемент А в масштабе 2:1.



91







2.3. Особенности выполнения чертежа пружин

Пружины на чертеже выполняются в соответствии с **ГОСТ 2. 401–68**. Существует большое разнообразие пружин, которые различаются по форме и по виду нагружения. В табл. 12 приведены примеры наиболее часто встречающихся пружин и их изображение на чертеже на виде и в разрезе.

Таблица 12


Примеры изображения пружины на чертеже

Наименование	Условное изображение на сборочном чертеже		
	На виде	В разрезе	С толщиной сечения на чертеже 2 мм и менее
Винтовая пружина сжатия			
Винтовая пружина растяжения			
Пружина кручения			
Пружина спиральная		—	
Пружина тарельчатая			

Изображение пружины на чертеже

При изображении пружины на чертеже руководствуются следующими правилами:

- на виде витки пружины изображают прямыми линиями, соединяющими соответствующие участки контуров;

- в разрезе витки изображают прямыми линиями, соединяющими сечения; допускается изображать только сечения витков;
- если винтовая пружина содержит больше четырех витков, с каждого конца пружины показывают по 1–2 витка, кроме опорных, остальные витки не изображают, а проводят осевые линии через центры сечений витков по всей длине пружины;
- пружины на чертежах независимо от направления навивки всегда изображают с правой навивкой; при необходимости левой навивки указывают в технических требованиях «Направление навивки левое»;
- на чертеже указывают диаметр пружины (наружный или внутренний);
- размер диаметра материала пружины (проволоки, прутка) допускается указывать как справочный;
- в графе «Материалы» основной надписи чертежа указывают сортамент материала пружины, который полностью определяет качество обработки поверхности и размеры поперечного сечения;
- указывают параметр шероховатости только торцовых поверхностей, которые подлежат обработке, а для остальных поверхностей шероховатость определяют знаком .

На рабочем чертеже пружины выполняют диаграмму испытаний, в которой устанавливается зависимость растяжения или сжатия пружины от прикладываемой силы. На рис. 138 приведен пример учебного чертежа пружины с изображением диаграммы испытаний.

В горизонтальном направлении отмечены длины четырех положений пружины:

- H_0 — длина пружины в свободном состоянии;
- H_1 — длина пружины в предварительно настроенном для работы состоянии;
- H_2 — длина пружины при рабочей нагрузке;
- H_3 — максимально деформированная длина пружины.

В вертикальном направлении для каждого из четырех положений указывают значение нагрузки (в учебных чертежах не указывают).

2.4. Особенности выполнения чертежей деталей, изготавливаемых литьем

2.4.1. Способы изготовления литых деталей

Особенности чертежа литой детали отражают способ ее изготовления. Литые детали получают путем заливки расплавленного металла в заранее подготовленные литейные формы. После остывания металла образуется отливка, которая может быть как готовой деталью, так и служить заготовкой для последующей механической обработки.



Наиболее распространены следующие способы изготовления отливок:

- литье в песчаные формы;
- литье в кокиль;
- литье по выплавляемым моделям (прецизионное);
- литье под давлением;
- центробежное литье;
- литье в оболочковые формы.

Литье в песчаные формы

Литье в песчаные формы — дешевый, наиболее грубый по получаемой точности и шероховатости поверхности отливок, но самый массовый (до 75–80 % по массе получаемых в мире отливок) вид литья.

Литейная форма изготавливается разъемной, состоящей из двух полуформ, из песчано-глинистой смеси. Наружные очертания детали в песчаной форме получают при помощи формовки их моделью, изготавливаемой из дерева, металла или пластика. Модель точно повторяет наружные контуры детали. Песчаная смесь уплотняется при заполнении формы вокруг модели встряхиванием, прессованием или затвердеванием в сушильной печи. Внутренние очертания детали формируются при помощи песчаных стержней, повторяющих контуры будущих полостей.

Для свободного извлечения модели из формы предусматриваются формовочные уклоны, а для предупреждения разрушения острых кромок формы и увеличения прочности элементы литой детали плавно скругляются.

В литейной форме выполняются литниковая система, которая представляет собой совокупность каналов для подвода расплавленного металла, и прибыли, где локализуются усадочные раковины.

Песчаные формы после отливки и остывания разрушаются на вибрационных решетках или другим способом. Литниковая система и прибыли удаляются при обрубке.

Литье в кокиль

Этот способ обеспечивает получение более качественных отливок. Кокиль — металлическая разборная форма многоразового использования (из чугуна или стали) для получения отливок простой формы. В кокиль можно производить до нескольких десятков тысяч отливок.

Наиболее эффективен этот способ при изготовлении отливок из цветных металлов и сплавов (алюминия, магния и т. д.)

Литье по выплавляемым моделям

Этот способ литья применяется для изготовления деталей из специальных сталей, твердых сплавов сложной конфигурации с высокой точностью (например, лопатки турбин, сложный инструмент и др.). Из легкоплавкого материала — воска, парафина, стеарина и др. — прессованием в пресс-форме изготавливается точная модель изделия и литниковая система. Затем на модель наносится 6–10 слоев огнеупорной керамической массы путем последовательного окунания модели в жидкую суспензию с последующей обсыпкой и высушиванием в сушильном шкафу, после чего из сформировавшейся оболочки выплавляют материал модели,

оболочка прокаливается до 1000 °С и поступает на заливку. Полученная отливка, как правило, не требует дальнейшей обработки.

Литье под давлением

Этот процесс получения точных фасонных отливок основан на заполнении стальных форм расплавленным металлом под давлением воздуха или поршня. Он занимает одно из ведущих мест в литейном производстве. Так отливают детали из цинковых, алюминиевых, магниевых и медных сплавов с высокой точностью. Данный процесс характеризует высокая производительность и автоматизация производства, низкая трудоемкость на изготовление одной отливки, минимальные припуски на механообработку и шероховатость необрабатываемых поверхностей, высокая точность размеров.

Центробежное литье

Данный метод используется при получении отливок, имеющих форму тел вращения. Расплав заливают в быстровращающуюся металлическую форму. Под действием центробежных сил расплавленный металл отбрасывается к стенкам формы и затвердевает, образуя пустотелую отливку (трубку, втулку, кольцо и т.д.). Полученные изделия по наружным очертаниям строго соответствуют внутренней конфигурации формы, имеют высокую плотность металла; в отливках не бывает газовых раковин и шлаковых включений. Достоинствами метода также являются получение внутренних полостей без применения стержней и большая экономия сплава из-за отсутствия литниковой системы. Выход годных отливок повышается до 95 %.

Литье в оболочковые формы

Литейная форма получается следующим образом: подогретая до 200–300 °С металлическая модель обсыпается из бункера смесью кварцевого песка и 5–6 % термореактивной смолы (бакелита и др.) Расплавляясь от прикосновения с нагретой моделью, эта смесь образует прочную корку толщиной 6–8 мм.

Благодаря высокой прочности и газопроницаемости оболочковой формы структура металла получается мелкозернистой, отливка — прочной и точной с чистой поверхностью. Этот способ обеспечивает улучшение механических качеств отливки за счет повышения плотности и мелкозернистости структуры изделий, повышение производительности по сравнению с литьем в песчаные формы, экономию металла из-за отсутствия литниковой системы.

Сравнительная характеристика разных способов литья приведена в табл. 13.

Таблица 13

Сравнительная характеристика разных способов литья

№ п/п	Показатели	Способ литья				
		В песчаные формы	В оболочковые формы	В кокиль, центробежное	По выплавляемым моделям	Под давлением
1	Неограниченность размеров	1	3	2	4	5

Окончание табл. 13

№ п/п	Показатели	Способ литья				
		В песчаные формы	В оболочковые формы	В кокиль, центробежное	По выплавляемым моделям	Под давлением
2	Произвольность конфигурации	2	3	4	1	4
3	Разнообразие материалов	1	2	4	3	5
4	Качество поверхности	5	3	4	2	1
5	Тонкостенность	4	3	5	1	2
6	Допуски на размеры	5	3	4	2	1

Прим. 1 — самые высокие, 5 — самые низкие

На рис. 139 приведен пример изготовления детали литьем в песчаные формы механической обработкой.

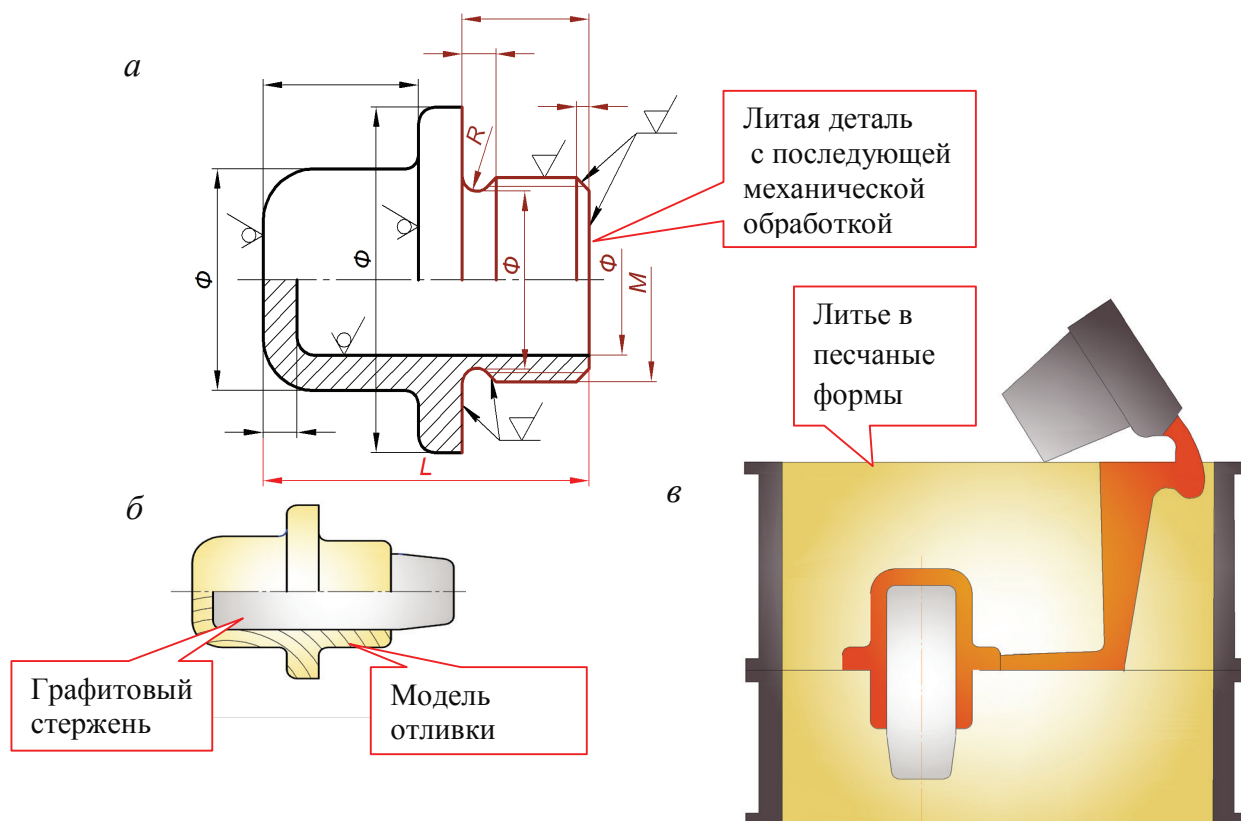


Рис. 139. Изготовление детали литьем в песчаные формы с последующей механической обработкой:

a — деталь; *б* — модель детали (отверстие моделируется графитовым стержнем); *в* — литье в песчаную форму

2.4.2. Конструктивные элементы литых деталей

Литые детали, независимо от сложности, размеров, формы и назначения, имеют следующие общие особенности:

1. Плавные сопряжения поверхностей отливки по литейным радиусам, выполняемые для того, чтобы предотвратить возникновение внутренних напряжений и трещин в отливках, а также с целью лучшего заполнения формы металлом. Если отношение толщины сопрягаемых стенок находится в пределах 1:2, переход может быть оформлен в виде галтели (рис. 140, а), при большем различии толщин — переход должен оформляться клинообразно (рис. 139, б).

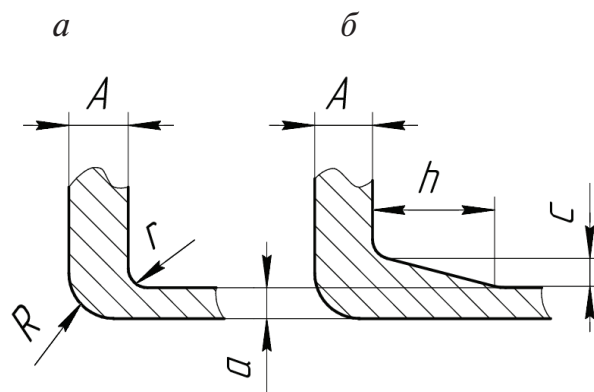


Рис. 140. Сопряжение стенок отливок:

а — в виде галтели ($r = (1/6 \dots 1/3) (a + A)/2$; $R = r + a$);
 б — клинообразно ($c = (0,7 \dots 0,8) (A - a)$; $h > 4c$)

Рекомендуется радиусы галтелей выбирать из следующего ряда: 1; 2; 3; 5; 8; 10; 15; 20; 25; 30; 40 мм. На одной отливке галтели желательно выполнять одним радиусом.

Для отливок из алюминиевых сплавов в пересечениях двух и трех стенок рекомендуются конструкции, приведенные на рис. 141, где $h = 2(A + a)$; $h = 2,5(A + b)$; $c = 0,75A$; $r = d = 0,5A + a$; $l = 0,5(A + a)$.

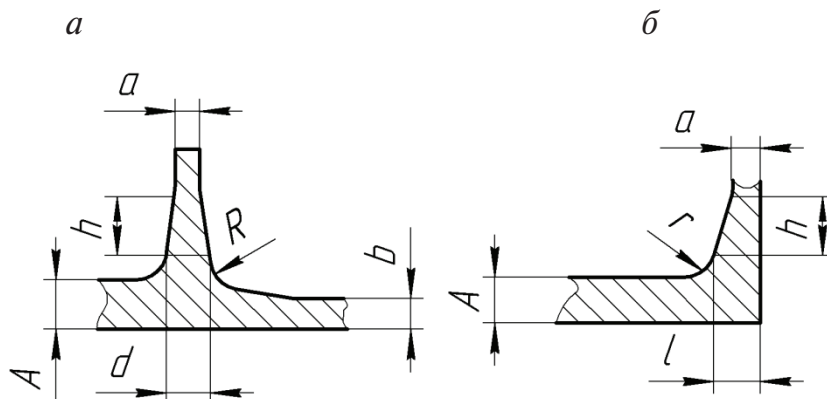


Рис. 141. Конструкция сопряжений стенок в отливках из алюминиевых сплавов:

а — в пересечениях трех стенок; б — в пересечениях двух стенок

2. Отливки должны иметь относительно равномерную толщину стенок, обеспечивающую одновременное их остывание (рис. 142, *а*), либо постепенное увеличение массивности стенок в желательном направлении затвердевания (рис. 142, *б*).

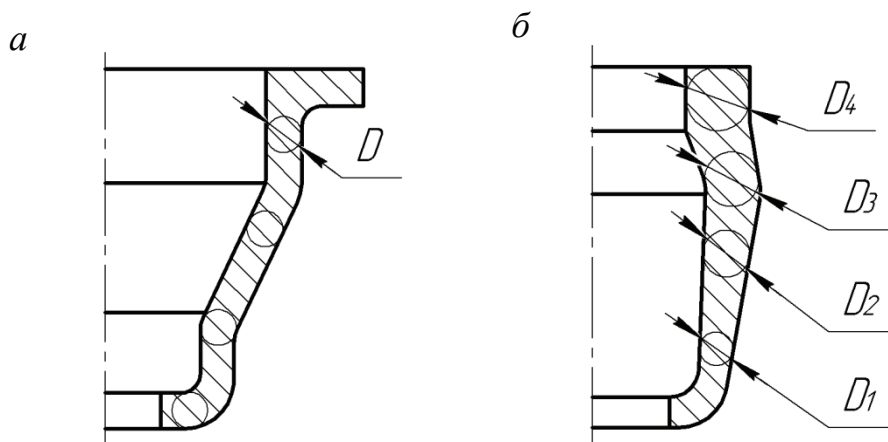


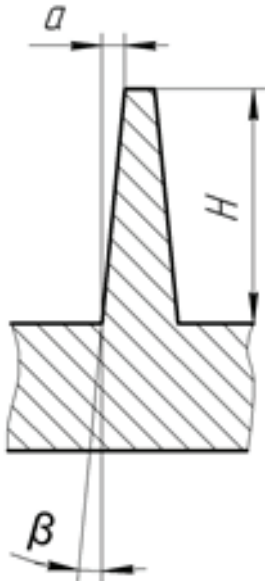
Рис. 14. Принципы затвердевания отливок:

а — последовательно-направленное ($D_1 < D_2 < D_3 < D_4$); *б* — равномерное

3. Поверхности отливок, перпендикулярные плоскости разъема формы, должны иметь конструктивные уклоны. Для отливок, получаемых в песчаных формах, конструктивные уклоны назначают в зависимости от высоты расчетного элемента H (табл. 14).

Таблица 14

Конструктивные уклоны на отливках

<p>Эскиз</p> 	H , мм	a/H	β , °
	Литье в песчаные формы		
	До 25	1/5	11° 30'
	Св. 25 до 500	1/10 1/20	5° 30' 3°
	Св. 500	1/50	1
	Литье в кокили		
	—	Для внешних стенок 1/70...1/100	—
		Для внутренних стенок 1/10...1/30	5° 30'

При выполнении местных невысоких утолщений стенок (бобышек, приливов) уклон увеличивают до 30° – 50° .

Если в отливке не предусмотрены конструктивные уклоны, то на вертикальных стенках модельного комплекта выполняют формовочные уклоны.

4. Для уменьшения веса литые детали стремятся сделать тонкостенными. С этой целью в отливках выполняют полости, а для укрепления опасных сечений предусматривают ребра жесткости. Выбор минимальной толщины стенок должен учитывать размеры детали, назначение стенок, способ изготовления отливки (табл. 15, 16). Толщина ребер жесткости составляет обычно $0,7$ – $0,9$ толщины стенок, а высота — не более пятикратной толщины стенки. В табл. 17 приведены некоторые конструктивные элементы отливок.

Таблица 15

Наименьшая толщина стенок отливок при литье в песчаных формах

Материал	Наименьшая толщина стенок, мм		
	мелких (до 10 кг)	средних (до 500 кг)	крупных (свыше 500 кг)
Чугун серый	6	10	15
Чугун ковкий	5	8	—
Сталь	8	12	20
Цветные сплавы	3	6	—

Таблица 16

Конструктивные параметры отливок из сплавов цветных металлов

Способ литья	Макс. масса отливки, кг	Толщина стенки, мм	Литейный уклон, °	Мин. литей- ный радиус, мм
Под давлением	30	0,5–1	0,5–1	0,5
В кокиль	До 500	3–5	0,5–2,5	3
По выплавляемым моделям	30	1–3	1–2	5
В оболочковые формы	50	3–6	1–2	5
В песчаные формы	1000	4–8	См. табл. 2	5

Таблица 17

Конструктивные элементы отливок

Вид конструк- тивного элемента	Эскиз	Размеры для построения												
Стенка с центральным ребром		$H \leq 5A$; $a = 0,8A$; $S = 1,25A$; $r = 0,5A$; $r = 0,25A$												
Стенка с ребра- ми по краям		$H \leq 5A$; $a = A$; $S = 1,25A$; $r = 0,3A$; $r = 0,25A$												
Двусторонняя бобышка		$r = h$ $r_1 = 0,25 A$ <table><tr><th>Наибольший габаритный размер отливки, мм</th><th>h, мм</th></tr><tr><td>До 50 </td><td>2</td></tr><tr><td>51–250</td><td>3</td></tr><tr><td>251–500</td><td>4</td></tr><tr><td>501–750</td><td>6</td></tr></table>	Наибольший габаритный размер отливки, мм	h, мм	До 50	2	51–250	3	251–500	4	501–750	6		
Наибольший габаритный размер отливки, мм	h, мм													
До 50	2													
51–250	3													
251–500	4													
501–750	6													
Односторонняя бобышка		Соотношения D и d <table><tr><th>D, мм</th><td>25</td><td>35</td><td>80</td><td>170</td><td>260</td></tr><tr><th>d, мм</th><td>10</td><td>20</td><td>50</td><td>120</td><td>200</td></tr></table>	D, мм	25	35	80	170	260	d, мм	10	20	50	120	200
D, мм	25	35	80	170	260									
d, мм	10	20	50	120	200									
Равносторонняя бобышка		$R = A + h$												

2.4.3. Особенности чертежа детали, полученной литьем с последующей механической обработкой

Выбор главного вида

Необходимо учитывать следующее:

- положение линии разъема формы при литье детали;
- положение детали в машине или отдельном механизме;
- положение на металлорежущем станке при выполнении наиболее трудоемких операций;
- удобство пользования чертежом при контроле детали.

Нанесение размеров

При нанесении размеров на чертеж литой детали следует учитывать, что деталь имеет, как правило, кроме литых поверхностей, механически обработанные. Поэтому наносят две системы линейных размеров (см. рис. 4):

- первая система размеров устанавливает взаимное расположение поверхностей, не подвергнутых механической обработке;
- вторая система размеров устанавливает взаимное расположение поверхностей, подвергнутых механической обработке.

Первую и вторую систему размеров связывают одним размером по каждому координатному направлению. Например, на рис. 69, а таким линейным размером является габаритный размер L .

Обозначение шероховатости

При обозначении шероховатости поверхности литых деталей следует разделять поверхности, полученные литьем без последующей механической обработки, и поверхности с последующей механической обработкой.

Поверхности, не подвергающиеся дальнейшей механической обработке, значительно отличаются по шероховатости от механически обработанных поверхностей. Визуально их можно отличить по следующим признакам: неявно выражен металлический блеск, отсутствуют риски от резца, по всей поверхности имеются черные пятна окарины. Ориентировочные параметры шероховатости таких поверхностей приведены в табл. 18.


Таблица 18

Шероховатость поверхности отливок из черных и цветных металлов

Способ литья	Шероховатость поверхности отливок по Ra , мкм для металлов			
	из черных металлов		из цветных металлов	
В песчаные формы	50	100	25	100

Окончание табл 18

Способ литья	Шероховатость поверхности отливок по Ra , мкм для металлов			
	из черных металлов		из цветных металлов	
В кокиль	12,5	100	12,5	50
По выплавляемым моделям	6,3	25	3,2	12,5
В оболочковые формы	12,5	50	6,3	25
Под давлением			0,8	6,3

Для обозначения шероховатости таких поверхностей используют знак  с указанием значения шероховатости, как правило, для грубых поверхностей — по Rz .

Формирование технических требований

На учебном чертеже из всего перечня технических требований для литой детали можно ограничиться следующими:

- 1) размеры для справок,
- 2) неуказанные радиусы скруглений ... мм,
- 3) формовочные уклоны по **ГОСТ 3212–92**,
- 4) усадочные раковины и другие литейные дефекты не допускаются,
- 5) отливка группы 2 по **ГОСТ 977–88**.

Прим. Последний пункт записывают только для отливок из стали.

Указание материала

На чертежах литых деталей указывают материал, обладающий литейными свойствами, например, сталь углеродистая обыкновенного качества: **25Л ГОСТ 977–88**. В табл. 19 представлены некоторые материалы, используемые для изготовления деталей литьем.

На рис. 143–147 приведены примеры чертежей литых деталей.

На рабочем чертеже корпуса вентиля (рис. 144) форма детали определяется тремя проекциями. Главное изображение корпуса выбрано с учетом того, что оно должно давать наиболее полное представление о форме детали и ее размерах, а также, чтобы его основная базовая плоскость занимала горизонтальное положение. Проставлены размеры на поверхности, полученные литьем, затем — механической обработкой.

Заданы параметры шероховатости обработанных поверхностей и необработанных. Указана марка материала детали.

Таблица 19

Материалы для литых деталей

Материал	Марки	ГОСТ	Пример обозначения
Стали углеродистые: 1) обыкновенного качества	15Л, 20Л 25Л, 30Л и т. д.	977–88	25Л ГОСТ 977–88
2) ответственного назначения	30ХГСФЛ	977–88	30ХГСФЛ ГОСТ 977–88
3) особо ответственного назначения	30ХГСФЛ	977–88	30ХГСФЛ ГОСТ 977–88
Отливки из серого чугуна	СЧ10; СЧ15; СЧ20; СЧ25; СЧ30; СЧ35	1412–85	СЧ25 ГОСТ 1412–85
Отливки из ковкого чугуна	КЧ30–6; КЧ33–8; КЧ35–10; КЧ37–12; КЧ459–7 и т. д.	1215–79	КЧ30–6–Ф ГОСТ 1215–79 (отливка из ковкого чугуна марки КЧ30–6 ферритного класса)
Сплавы алюминиевые литейные	АК12; АК5 М; АК9	1583–89	АК12 ГОСТ 1583–89
Латуни литейные	ЛЦ40Мц3А; ЛЦ40Мц1,5; ЛЦ30А3	17711–80*	ЛЦ30А3 ГОСТ 17711–80*
Бронзы оловянные литейные	Бр03Ц12С5; Бр03Ц7С5Р1	613–79	Бр03Ц12С5 ГОСТ 613–79
Бронзы безоловянные	БрА9Мц2Л; БрА10Мц2Л; БрА9ЖЗЛ и т. д.	493–79	БрА9Мц2Л ГОСТ 493–79



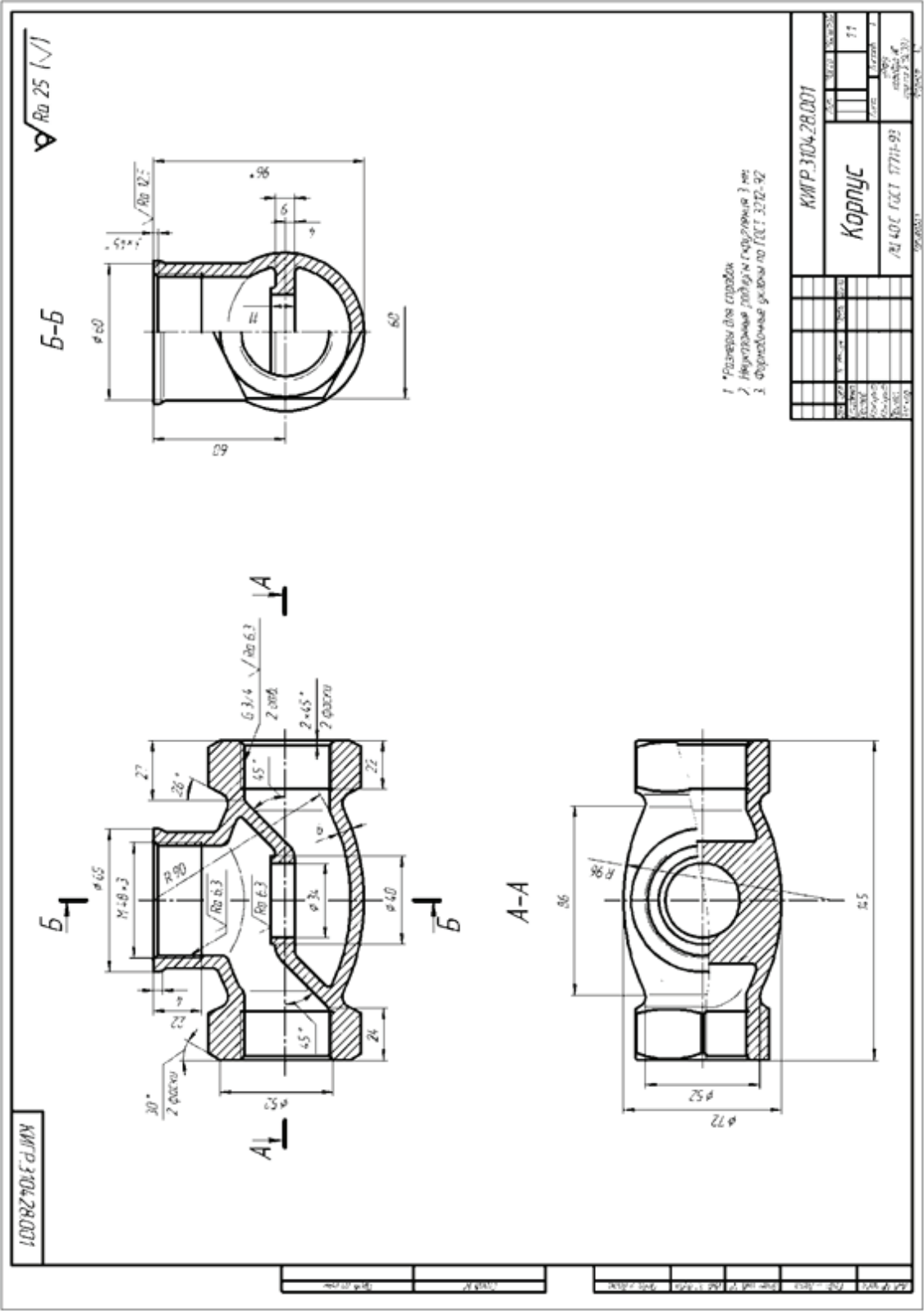


Рис. 144. Пример учебного чертежа корпуса литой детали «Корпус»

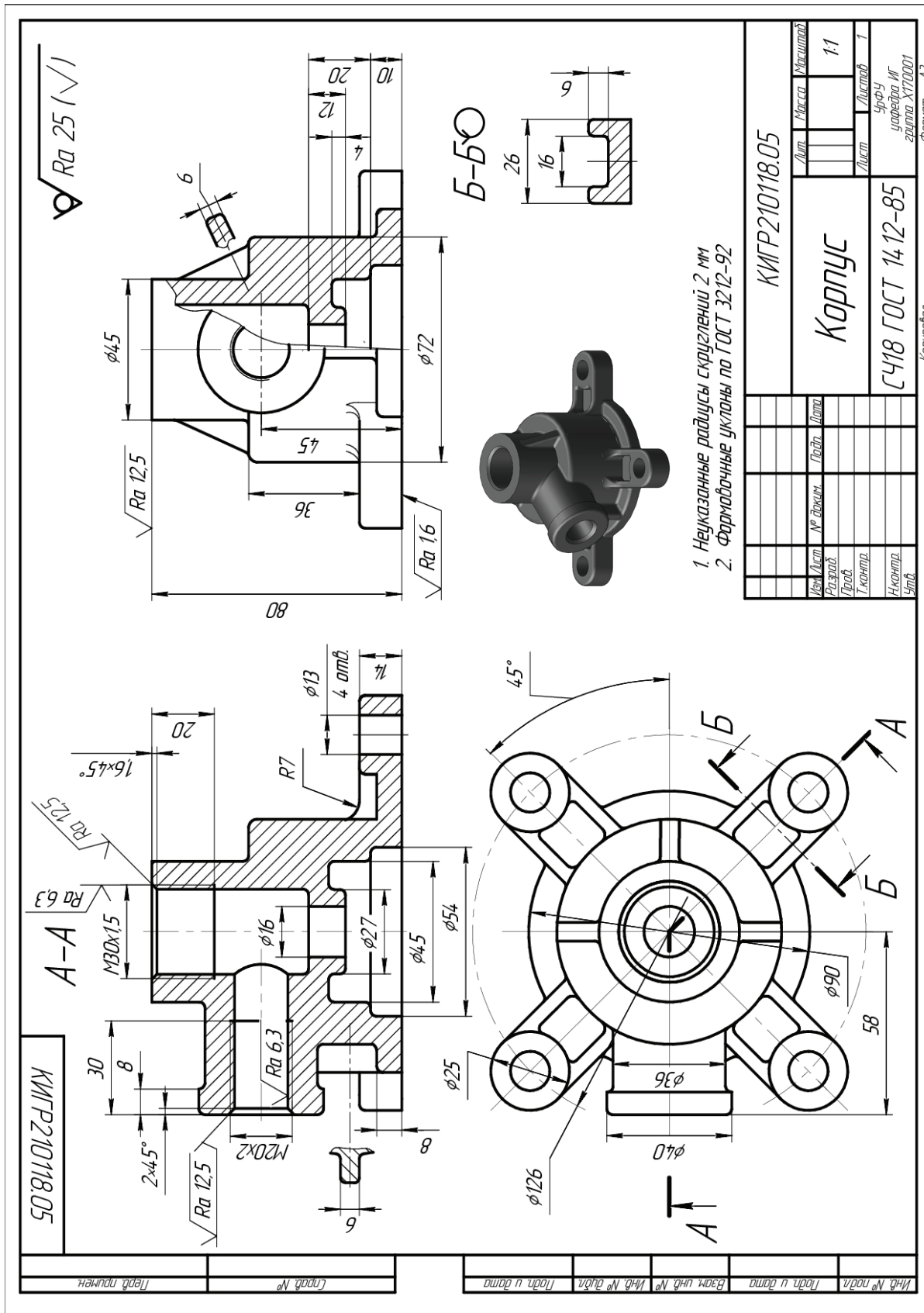
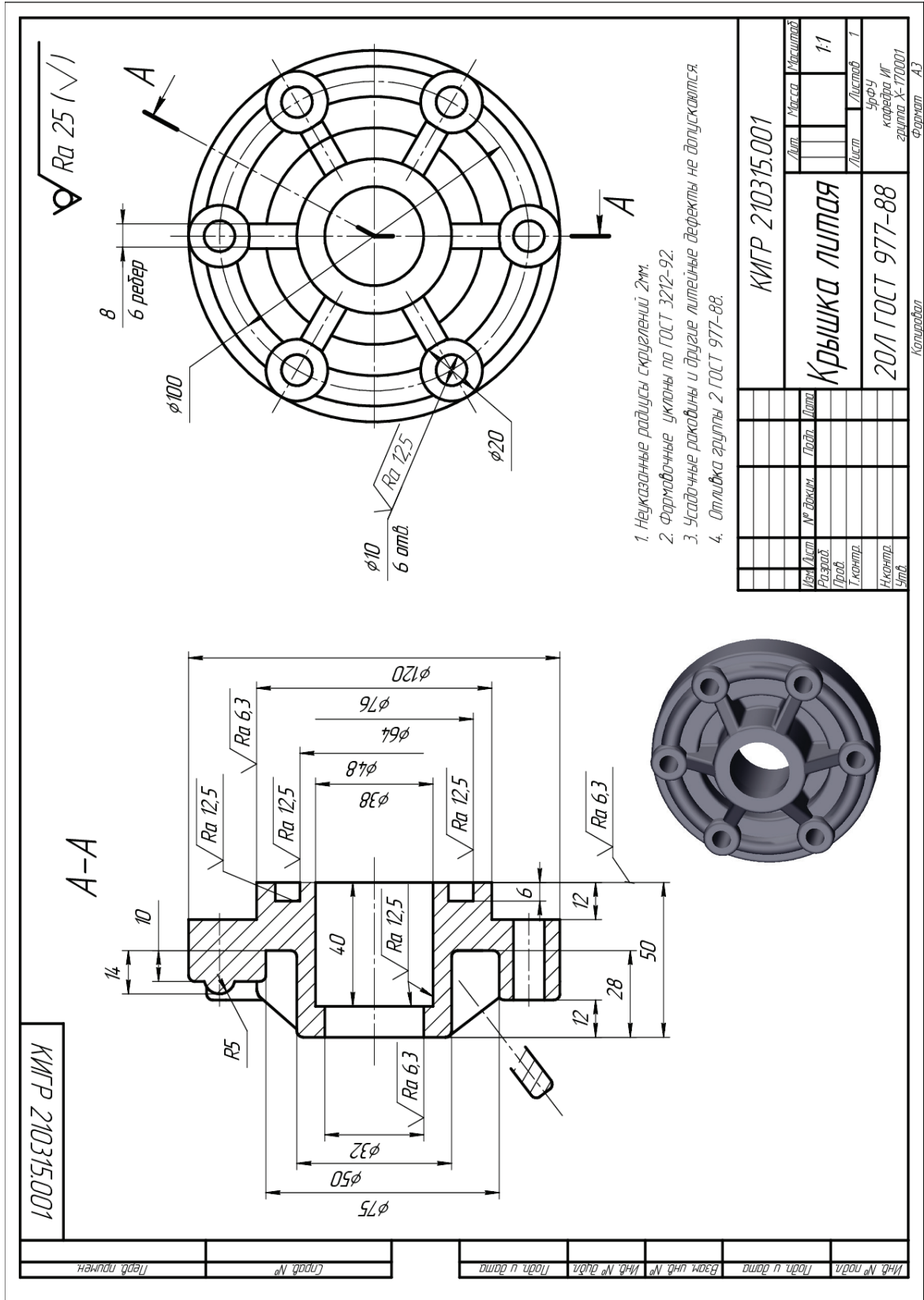


Рис. 145. Пример учебного чертежа литой детали «Корпус»





113

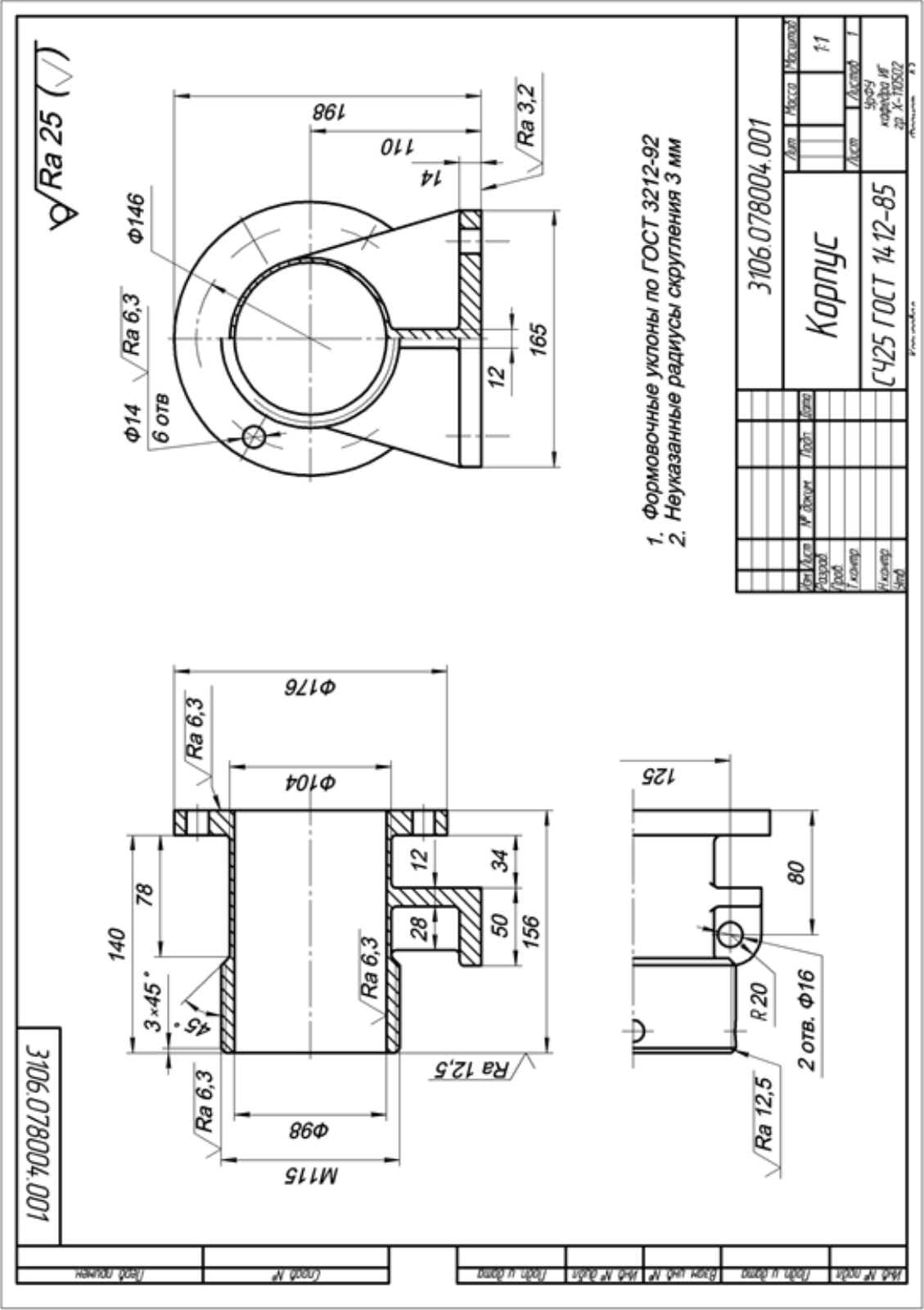


Рис. 148. Пример учебного чертежа литой детали «Корпус»

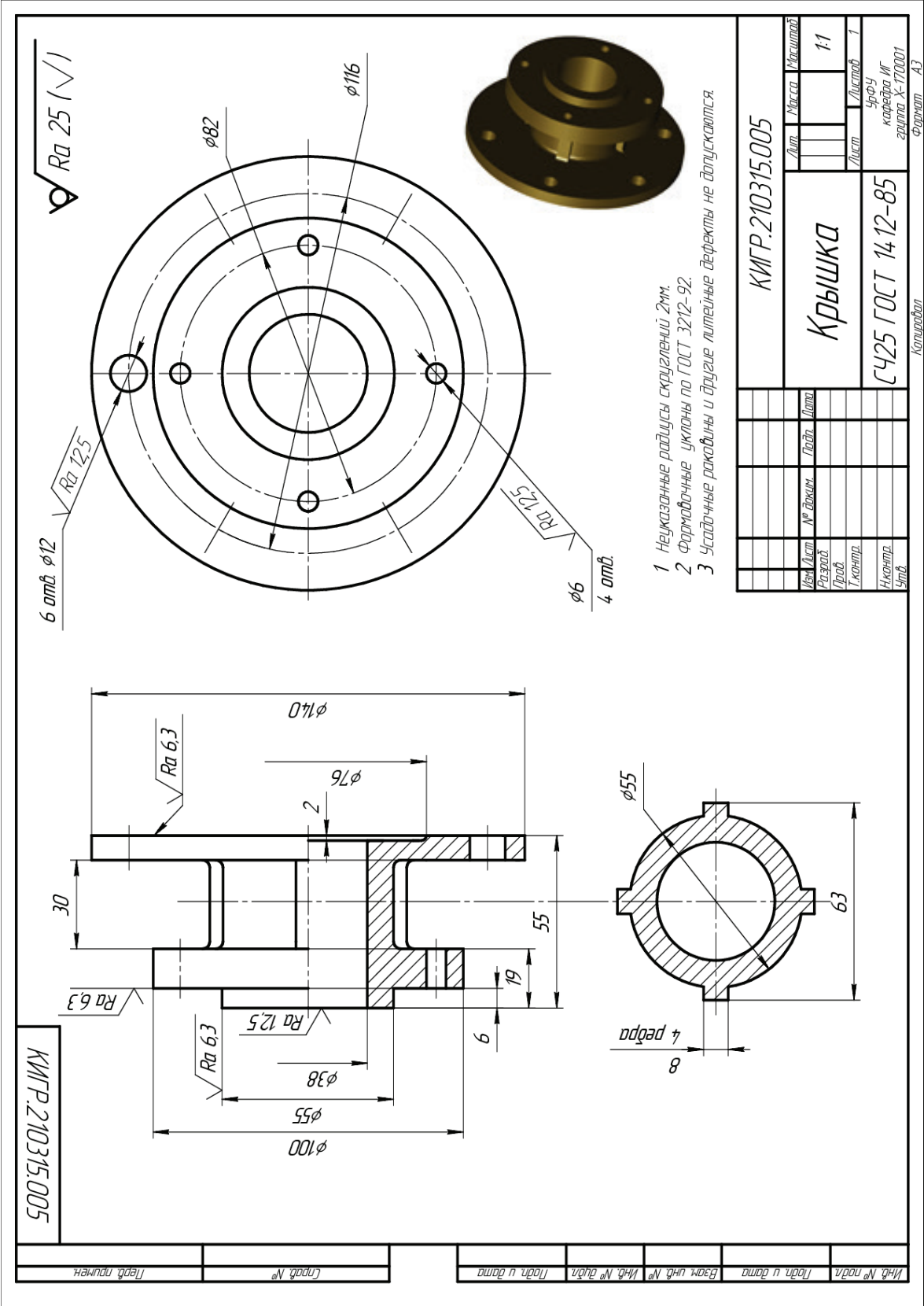


Рис. 149. Пример учебного чертежа литой детали «Крышка»

*Задание для самостоятельной работы по теме
«Особенности выполнения чертежей деталей,
изготавливаемых литьем»*

Задания для самостоятельной работы студентов по данному разделу преследуют цели:

- освоение правил выполнения и оформления чертежа и эскиза детали, изготовленной способами литья с последующей механической обработкой;
- приобретение навыков эскизирования;
- изучение правил простановки размеров в зависимости от технологии изготовления детали, знакомство с приемами и инструментами для обмера детали;
- знакомство с материалами, применяемыми в машиностроении и их обозначением на чертеже.

Содержание работы

Выполнить с натуры детали из модельного парка кафедры эскизный чертеж литой детали на формате А3, от руки, без масштаба, с соблюдением пропорций детали в пределах глазомерной точности и требований ЕСКД к оформлению чертежа (в пределах, предусмотренных для учебных чертежей).

Порядок выполнения работы:

- 1) получить задание у преподавателя;
- 2) определить нужное количество проекций на чертеже, их взаимосвязь, форму, необходимость сечений или разрезов;
- 3) определить размеры детали обмером ее при помощи специального мерительного инструмента (штангенциркуля);
- 4) подобрать из литературы марку материала детали;
- 5) исходя из сложности детали, определить габаритные размеры будущих изображений (т.е. установить глазомерный масштаб — следует ли увеличить/уменьшить изображение и на какую величину);
- 6) выполнить изображения детали с соблюдением проекционной связи;
- 7) проставить размеры, связав по каждому координатному направлению литые поверхности между собой и механически обработанные поверхности между собой. Указать в каждом координатном направлении по одному размеру, связывающему полученные две системы размеров;
- 8) указать шероховатость поверхностей;
- 9) выполнить форматную рамку, заполнить основную надпись;
- 10) примеры выполнения чертежей литых деталей с последующей механической обработкой обработанной детали приведены на рис. 143–147.

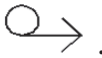
2.5. Особенности выполнения чертежа детали, полученной листовой штамповкой

В зависимости от используемых операций листовой штамповки чертежи деталей имеют следующие особенности.

Детали, полученные способом вырубки из листового материала, как правило, изображают одной проекцией. При этом толщину детали указывают на полке линии-выноски, согласно **ГОСТ 2.307–68**.

При выполнении чертежей *деталей из листового материала, получаемых гибкой, вытяжкой, формовкой* (рис. 148), толщина всех элементов детали условно принимается одинаковой. Минимальный радиус сгиба деталей при использовании гибочных операций зависит от марки материала. В общем случае он не должен быть меньше толщины листа, из которого изготавливается деталь.

Согласно **ГОСТ 2.109–73**, при невозможности на чертеже детали, изготовленной гибкой, выполнить изображение, полностью определяющее форму и размеры детали, выполняют ее развертку.

Развертку изображают сплошными основными линиями; линии сгиба наносят тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками. Над изображением развертки или перед габаритным размером помещают знак .

На изображении развертки проставляют размеры только тех элементов, изображения которых на других проекциях чертежа не дают полного представления об их форме и размерах.


Вид детали можно совмещать с изображением части развертки, которая выполняется тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками. При этом обозначение развертки не помещают.

При нанесении размеров следует учитывать, что на элементах, получаемых гибкой, вытяжкой, формовкой указывают внутренние радиусы сгибов и размеры между внутренними поверхностями.

На чертежах деталей, полученных листовой штамповкой, указывают в качестве материала листового прокат (лист, полоса и др.).

Условное обозначение листового проката в общем случае выполняется в виде дроби: в числителе указывается толщина и при необходимости ширина или ширина × длина проката, а также номер ГОСТ на сортамент (или технические требования) листового проката; в знаменателе указывают стандарт на материал, из которого изготовлен прокат, например:

$$\text{Лист} \frac{3,0 \text{ ГОСТ } 19903 - 74}{\text{Ст } 3 \text{ ГОСТ } 16523 - 87}$$

Размер толщины листа при этом на чертеже указывают как справочный (со знаком *), и с обеих сторон к толщине листа наносится знак шероховатости .



2.6. Конструкционные материалы и их условное обозначение

В соответствии с **ГОСТ 2.109–73** в основных надписях чертежей деталей и в спецификации (если на деталь не выпускается рабочий чертеж), а также в разделе «Материалы» спецификации) условные обозначения материала должны соответствовать обозначениям, установленным стандартами на материал, например:

Сталь 20 ГОСТ 1050–88

Ст3 ГОСТ 380–94

Если для обеспечения конструкционных и эксплуатационных характеристик детали требуется изготовить ее из сортового материала определенного профиля и размера, то обозначение материала детали записывают по стандарту на сортмент, например:

Круг $\frac{40 \text{ ГОСТ } 1133 - 71}{У10 \text{ ГОСТ } 1435 - 90}$;

Полоса $\frac{5 \times 50 \text{ ГОСТ } 103 - 76}{Ст3 \text{ ГОСТ } 535 - 88}$.

Допускается в условном обозначении материала не указывать группу точности, плоскостность, обрезку кромок, длину и ширину листа, ширину ленты и другие параметры, если они не влияют на эксплуатационные качества изделия (детали). При этом общая последовательность записи данных, установленных стандартами или техническими условиями на материалы, должна сохраняться.

В табл. 20 приведены краткие сведения о некоторых материалах и их условное обозначение на чертежах.

Таблица 19

Краткие сведения о металлических материалах

Наименование	Марки	Область применения	Пример условного обозначения
Металлические материалы			
Сталь (Ст) углеродистая обыкновенного качества (ГОСТ 380–94)	Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп... Ст6 (Ст — сталь; 0,1,2... — условный номер марки, кп — «кипящая»; пс — «полуспокойная»; сп — «спокойная»	Сварные конструкции; кожухи, щиты, крышки, шкафы	Ст3пс ГОСТ 380–94

Окончание табл. 19

Наименование	Марки	Область применения	Пример условного обозначения
Сталь углеродистая качественная конструкционная (ГОСТ 1050–88)	08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 58, 60 (цифры обозначают содержание углерода в сотых долях процента)	Болты, винты, гайки, валы, поршни, шестерни и т. д.	сталь35 ГОСТ 1050–88
Сталь легированная конструкционная (ГОСТ 4543–71)	20X, 30X, 35X, 40X, 45X, 50X, 30ХМА, 18ХГ и др. (цифры слева указывают содержание углерода в сотых долях процента; цифры после букв — процент содержания легирующего элемента; отсутствие цифр — содержание легирующего компонента ниже 1,5 %)	Червяки, валики, зубчатые колеса, коленчатые валы, кривошипы, рессоры и др.	35X ГОСТ 4543–71
Сталь коррозионно-стойкая (ГОСТ 5949–75)	12X18 Н9 Т, 12X18 Н10 Т, X18 Н10 Т и др.		12X18Н10Т ГОСТ 5949–75
Сталь для отливок (ГОСТ 977–88)	15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 35Л, 40Л, 45Л, 50Л		25Л ГОСТ 977–88
Серый чугун (Сч) (ГОСТ 1412–85)	СЧ10, СЧ15, СЧ18, СЧ20, СЧ24, СЧ25, СЧ30, СЧ35 (СЧ — серый чугун; цифры означают минимальное временное сопротивление при растяжении в МПа $\times 10^{-1}$)	корпусные детали (СЧ18); основания станков, корпуса вентиляторов, ступицы (СЧ15); станины (СЧ20)	СЧ18 ГОСТ 1412–85
Сплав алюминиевый (ГОСТ 4784–97)	Д1, Д16, Д18		Д1 ГОСТ 4784–97
Латуни (медно-цинковые сплавы)	ЛМцС-58–2, Л60, ЛА77–2	17711–93	ЛЦ40 С ГОСТ 17711–93
Прокат горячекатаный квадратный	Ст3 ГОСТ 535–88	2591–88	Квадрат $\frac{20 \text{ ГОСТ } 2591-88}{\text{Ст3 ГОСТ } 535-88}$
Прокат горячекатаный круглый	Сталь20 ГОСТ 1050–2013	2590–88	Круг $\frac{50 \text{ ГОСТ } 2590-88}{20 \text{ ГОСТ } 1050-88}$
Прокат калиброванный шестигранный	Сталь45 ГОСТ 1050–2013	8560–78	Шестигранник $\frac{25 \text{ ГОСТ } 8560-78}{45 \text{ ГОСТ } 1050-88}$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

.....

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 1. / В. И. Анурьев ; под ред. И. М. Жестковой. — 8-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 2001. — 920 с. : ил. — ISBN 5-217-02963-3. — Текст : непосредственный.

2. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 3 / В. И. Анурьев ; под ред. И. М. Жестковой. — 8-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 2001. — 864 с.: ил. — ISBN 5-217-02965-X. — Текст : непосредственный.

3. ГОСТ 977–88. Отливки стальные. Общие технические условия. — Москва : Гос. ком. СССР по стандартам, 1989. — Текст : непосредственный.

4. ЕСКД. ГОСТ 2.305–2008. Изображения: виды, разрезы, сечения. — Москва : Стандартинформ, 2009. — Текст : непосредственный.

5. ЕСКД. ГОСТ 2.307–68 СТ СЭВ 1976–79, СТ СЭВ 2180–80. Нанесение размеров и предельных отклонений на чертежах. — Москва : Гос. ком. стандартов СССР, 1984. — Текст : непосредственный.

6. ЕСКД. ГОСТ 2.308–79 СТ СЭВ 368–76. Указание на чертежах допусков формы и расположение поверхностей. — Москва : Гос. ком. стандартов СССР, 1984. — Текст: непосредственный.

7. ЕСКД. ГОСТ 2.309–73 СТ СЭВ 1632–79. Обозначение шероховатости поверхностей. — Москва : Гос. ком. стандартов СССР, 1984. — Текст : непосредственный.

8. ЕСКД. ГОСТ 2.423–73 СТ СЭВ 4406–83. Правила выполнения чертежей элементов литейной формы и отливки. — Москва : Гос. ком. стандартов СССР, 1986. — Текст : непосредственный.

9. ЕСКД. ГОСТ 2789–73 СТ СЭВ 638–77. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. — Москва : Гос. ком. стандартов СССР, 1985. — Текст : непосредственный.

10. ЕСКД. ГОСТ 3212–80. Комплекты модельные. Уклоны формовочные. — Москва : Издательство стандартов, 1981. — Текст : непосредственный.
11. ЕСКД. Общие правила выполнения чертежей : сб. стандартов. — Москва : Изд-во стандартов, 2004. — Текст : непосредственный.
12. ЕСКД. Основные положения : сб. стандартов. — Москва : Изд-во стандартов, 1984. — Текст : непосредственный.
13. Левицкий В. С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей : учебник для прикладного бакалавриата / В. С. Левицкий. — 9-е изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2018. — 435 с. — ISBN 978-5-9916-6952-8. — Текст : непосредственный.

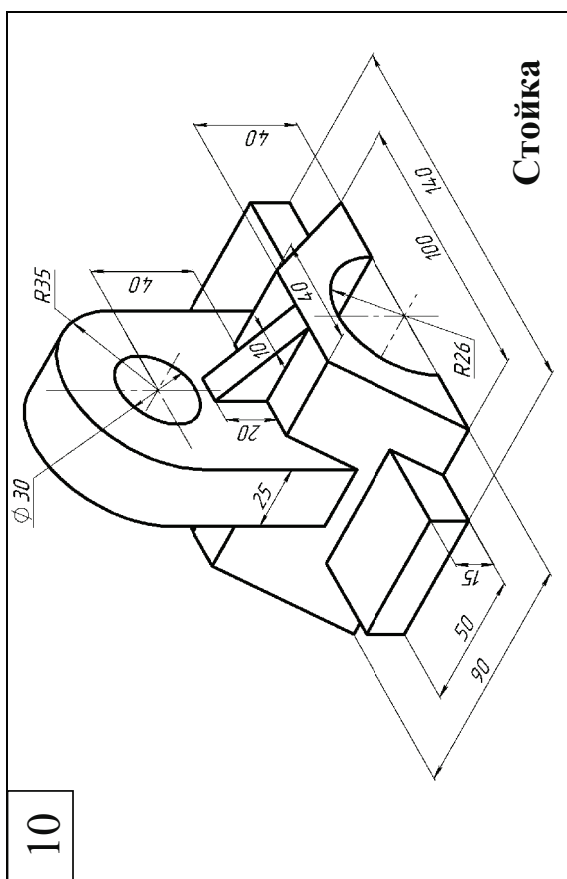
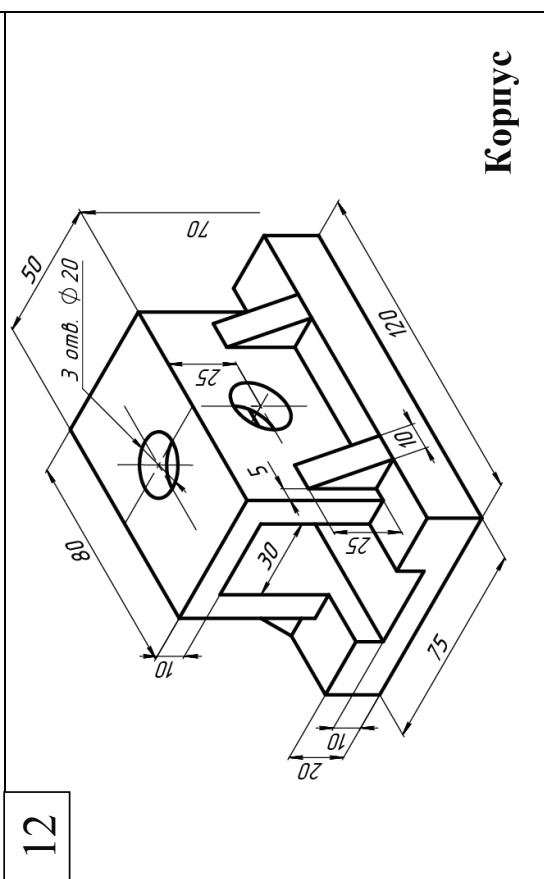
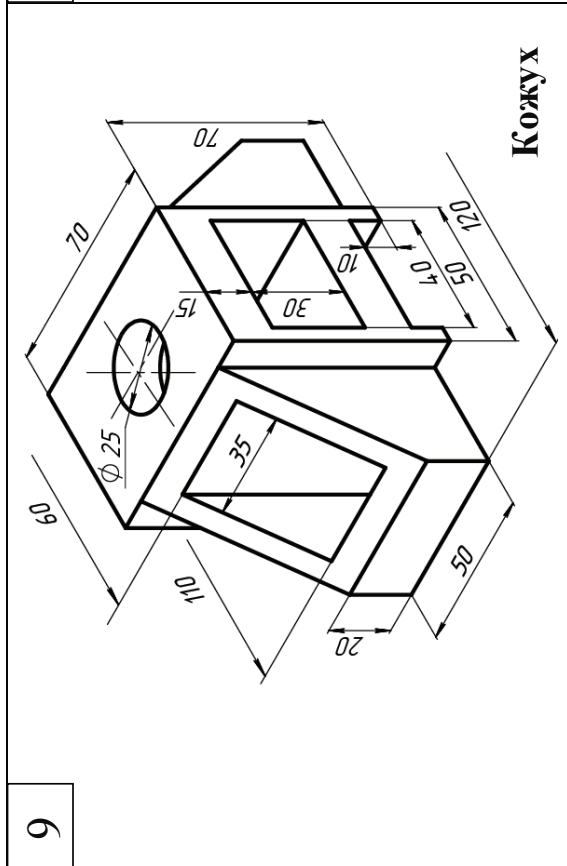
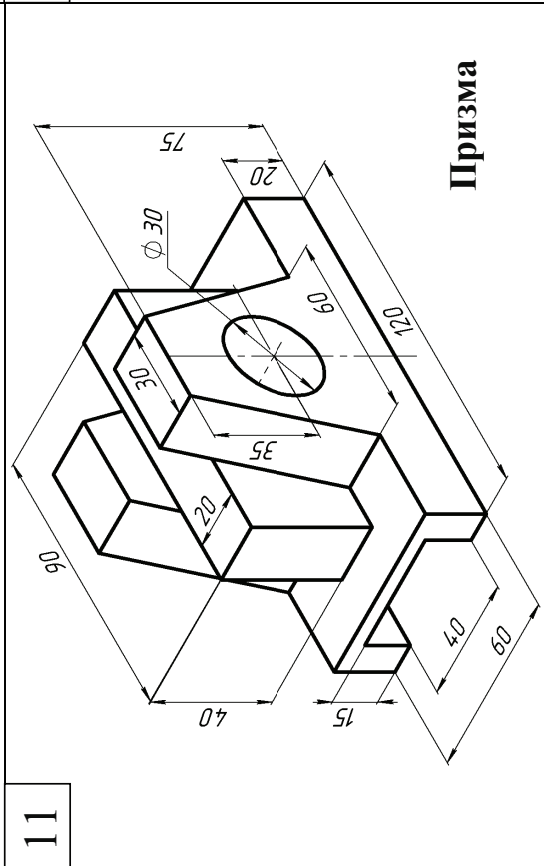
.....

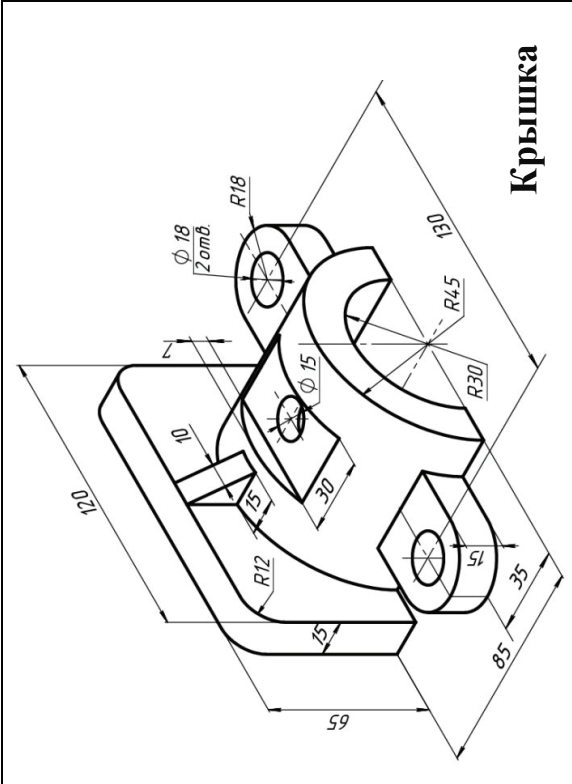
Задания к выполнению домашней работы по теме «Простые разрезы»

.....



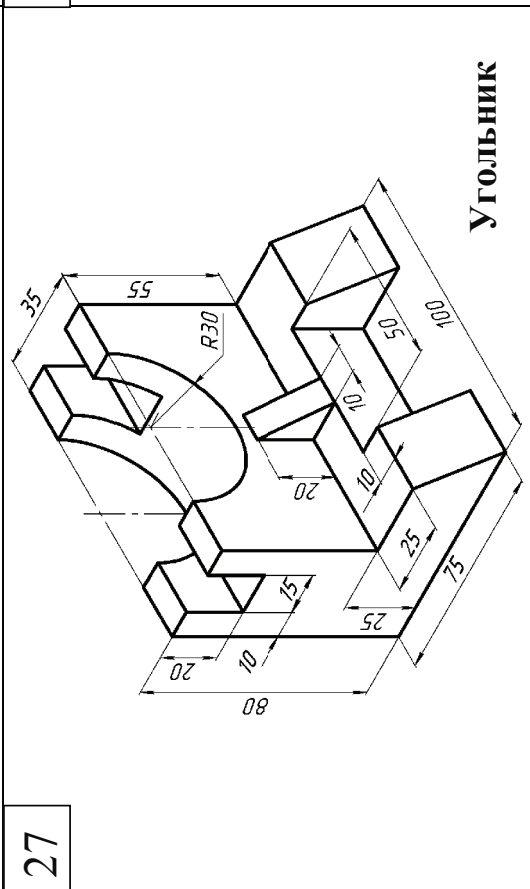
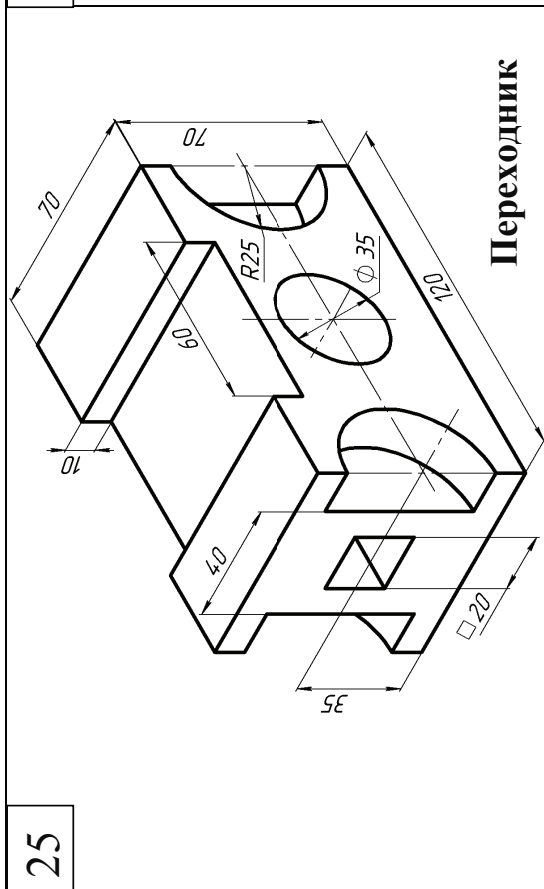
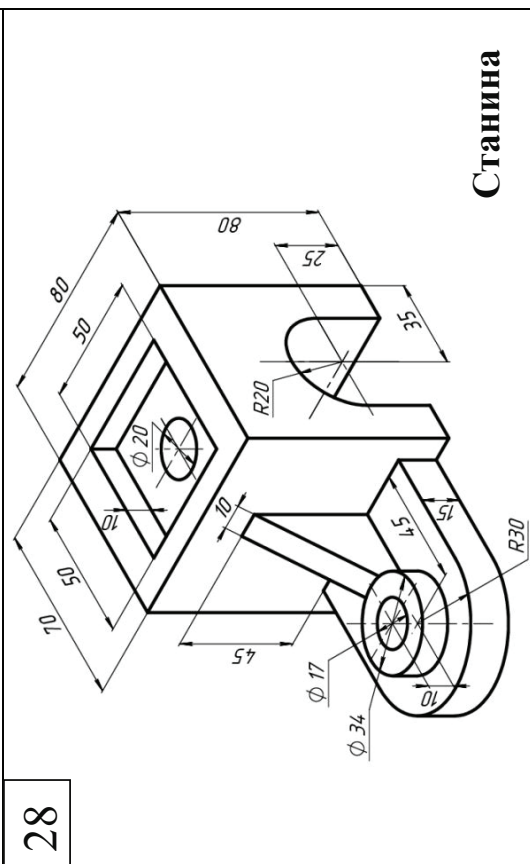
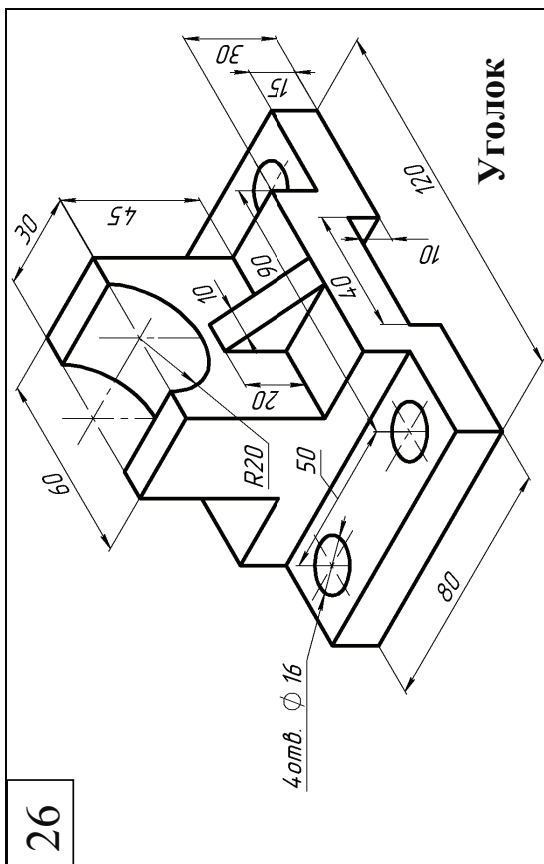


<p>10</p>  <p>Стойка</p>	<p>12</p>  <p>Корпус</p>
<p>9</p>  <p>Кожух</p>	<p>11</p>  <p>Призма</p>

<div data-bbox="172 1880 240 1974">13</div> <div data-bbox="172 1100 740 1880"><p>Крышка</p></div>

18	<p>Колодка</p>
20	<p>Ползун</p>
17	<p>Основание</p>
19	<p>Вилка</p>





Задания к выполнению домашней работы
по теме «Сложные разрезы»

Technical drawing of a mechanical part showing front and top views with dimensions.

Front View (Top):

- Overall width: 150
- Overall height: 70
- Top-left corner width: 65
- Left side height: 40
- Right side features a vertical section with a total height of 70, divided into segments of 20, 20, and 50.
- Internal features are shown with dashed lines.

Top View (Bottom):

- Overall width: 130
- Overall height: 90
- Left side features a vertical section with a total height of 68, divided into segments of 12, 12, and 12.
- Top-left corner width: 32
- Internal features include a central circular hole with a diameter of $\phi 50$ and a smaller hole with a diameter of $\phi 24$.
- Bottom-right corner width: 14
- Bottom-left corner width: 90

Technical drawing of a mechanical part showing front and top views with dimensions.

Front View (Top):

- Overall width: 140
- Overall height: 64
- Top flange height: 20
- Left side height: 28
- Top flange thickness: 14

Top View (Bottom):

- Overall width: 68
- Overall height: 92
- Left side height: 48
- Top flange thickness: 34
- Left side radius: R12
- Left side width: 32
- Right side width: 18
- Central hole diameter: $\phi 40$

Technical drawing of a mechanical part, showing front and top views with dimensions.

Front View (Top):

- Overall width: $\phi 70$
- Inner width: $\phi 50$
- Inner width: $\phi 24$
- Overall height: 60
- Height of the upper section: 45
- Height of the lower section: 15
- Radius of the lower section: $R10$
- Height of the lower section: 35
- Height of the lower section: 10

Top View (Bottom):

- Overall diameter: $\phi 90$
- Inner diameter: $\phi 10$
- Radius: $R10$
- Angle: 45°
- Number of holes: 4
- Label: 4 амб.

Technical drawing of a mechanical part, showing front and top views with dimensions.

Front View (Top):

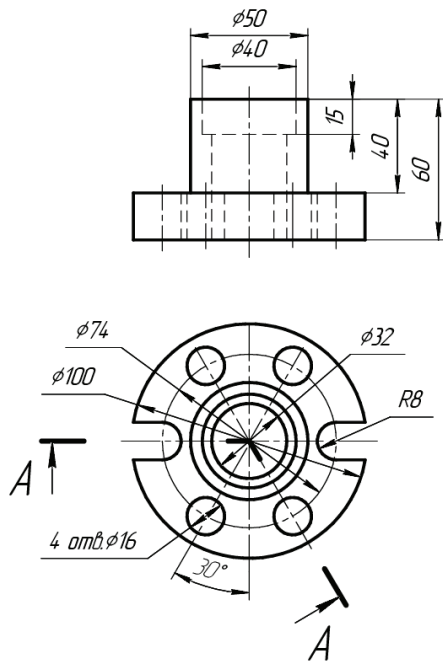
- Overall width: 130
- Overall height: 60
- Top flange width: 60
- Top flange height: 20
- Top flange outer diameter: $\phi 60$
- Top flange inner diameter: $\phi 40$
- Base height: 10

Top View (Bottom):

- Overall length: 35
- Overall width: 16
- Distance from left edge to center of hole: 20
- Distance from right edge to center of hole: 16
- Distance from top edge to center of hole: 36
- Distance from bottom edge to center of hole: 16
- Outer diameter of hole: $\phi 14$
- Inner diameter of hole: $\phi 18$
- Radius of fillet: R45
- Angle of fillet: 45°
- Section line A-A is shown on the left and right sides.

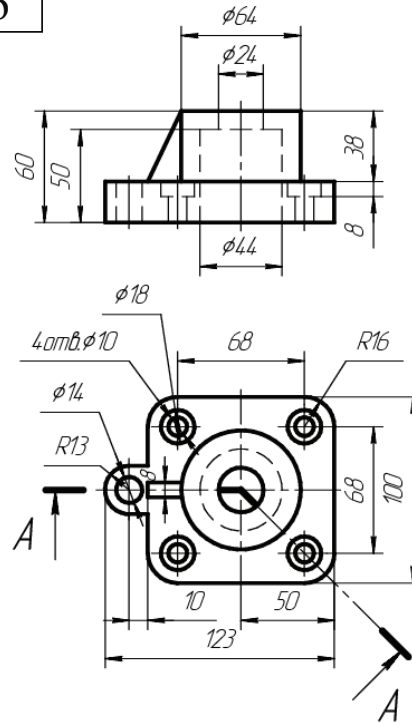
130

5



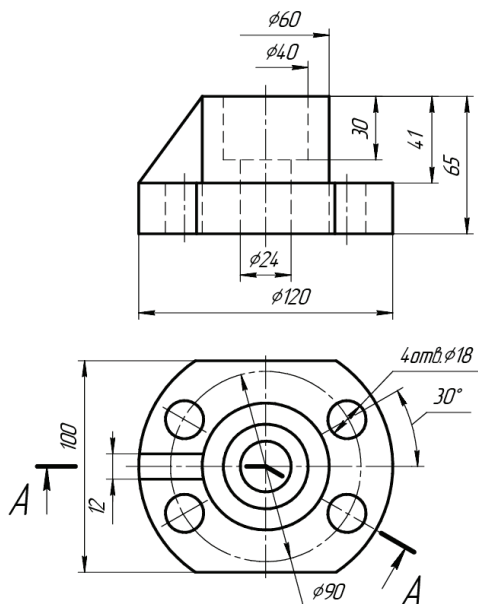
Стойка

6



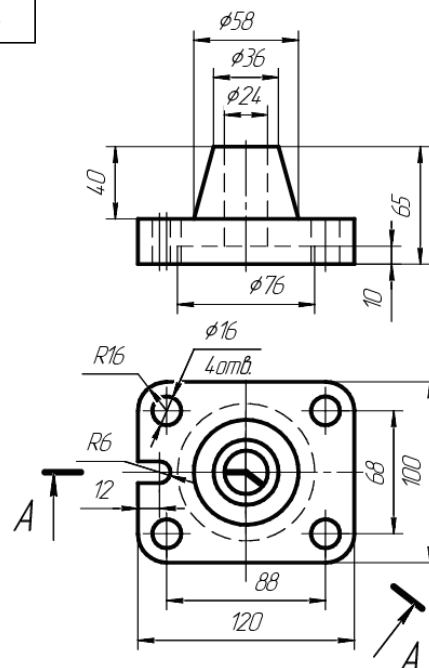
Опора

7



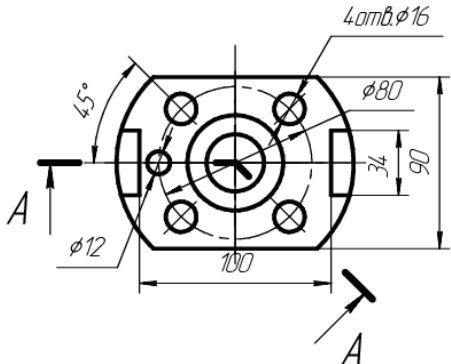
Основание

8



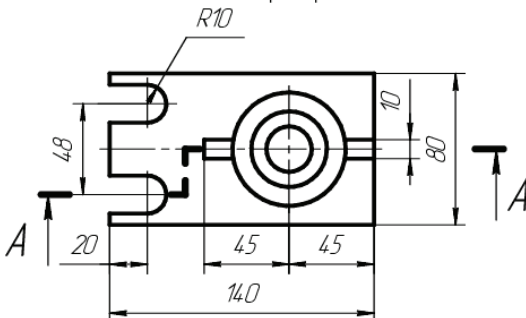
Корпус

9



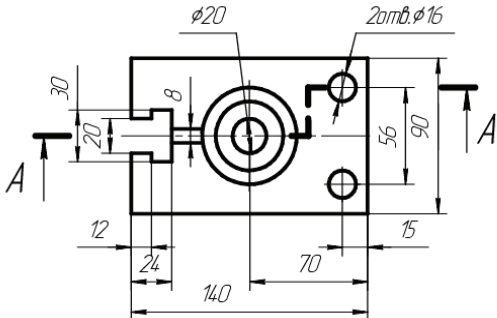
Крышка

10



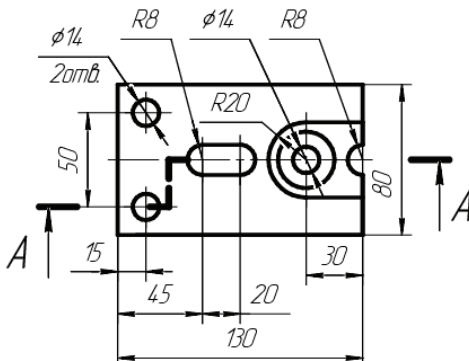
Корпус

11



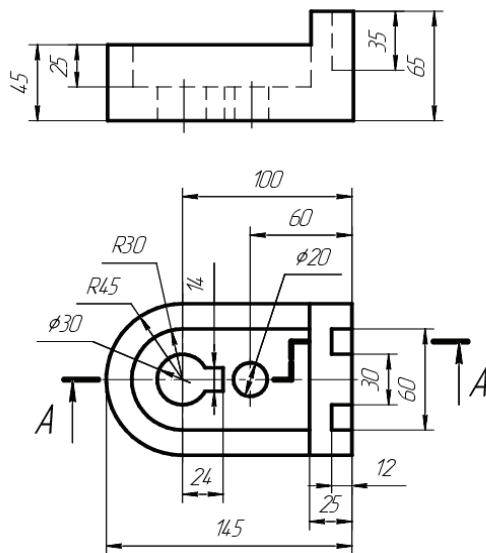
Основание

12



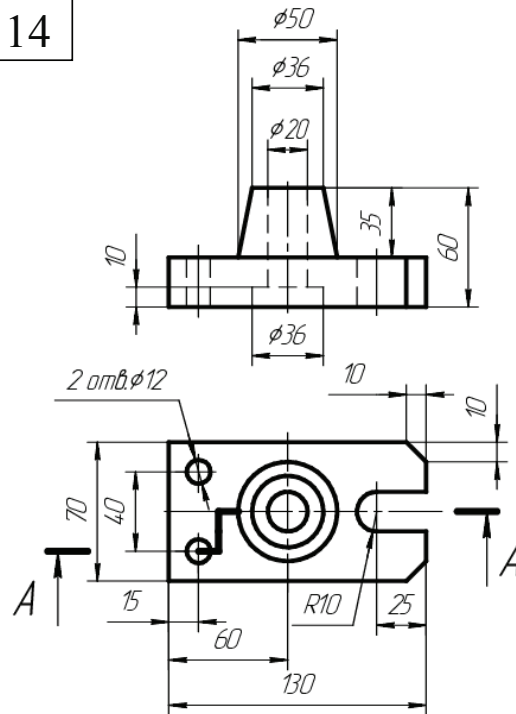
Платформа

13



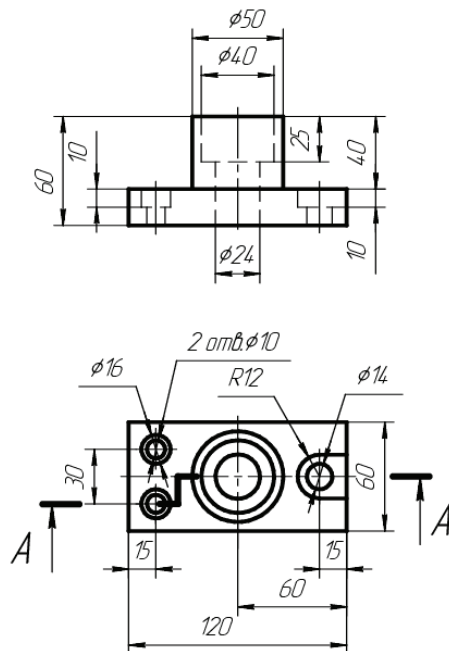
Обойма

14



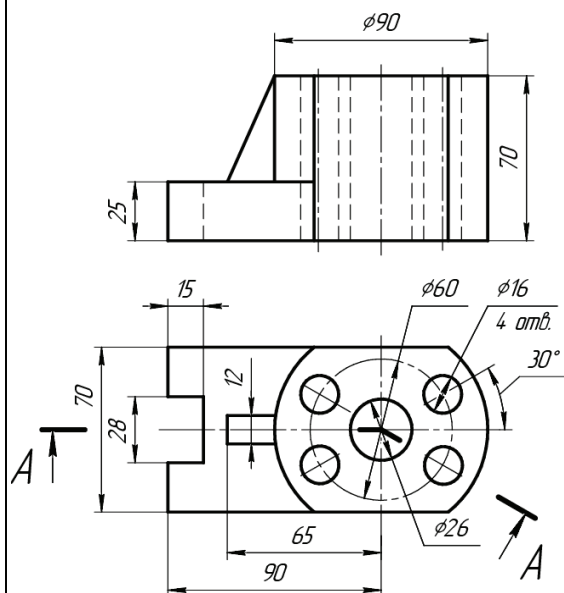
Опора

15



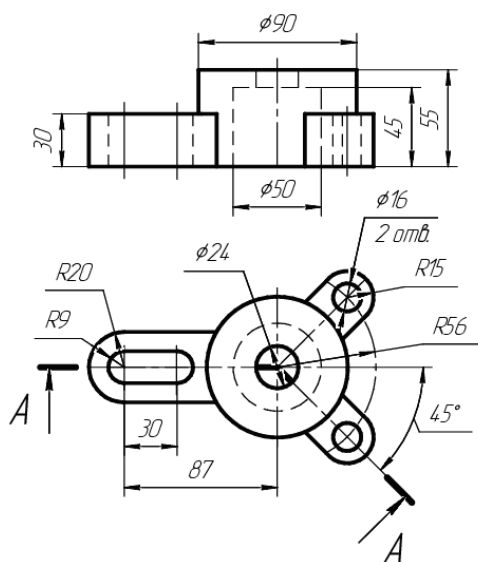
Корпус

16



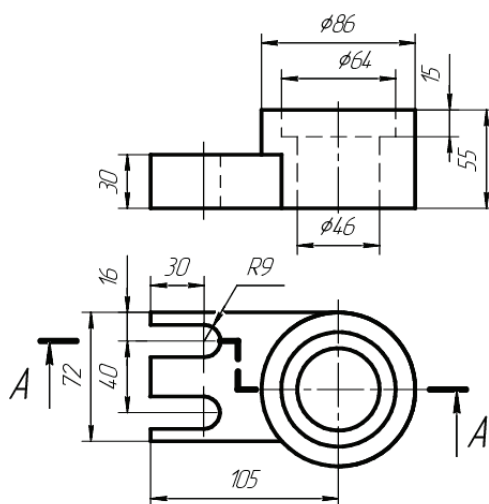
Стойка

17



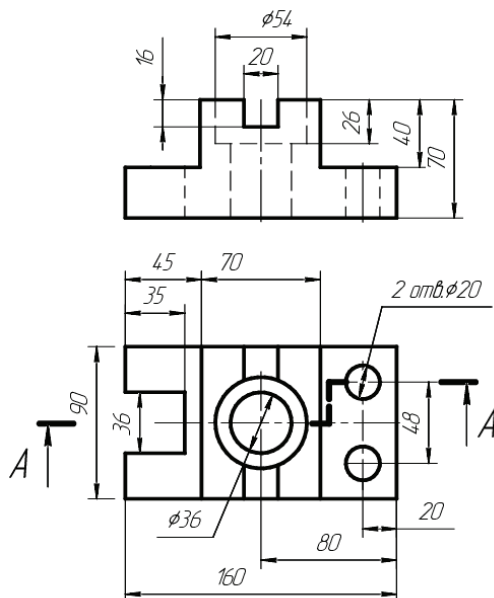
Крышка

18



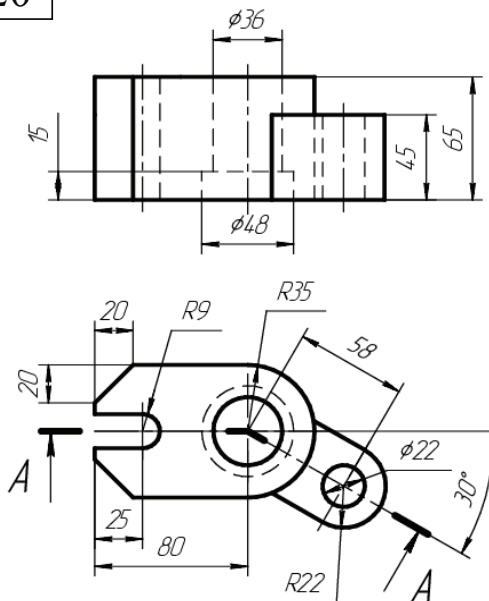
Опора

19



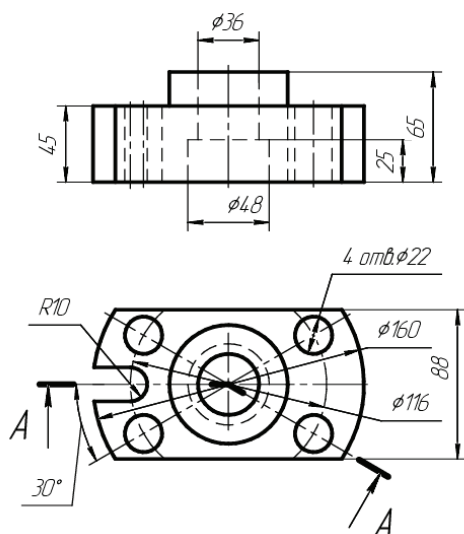
Стойка

20



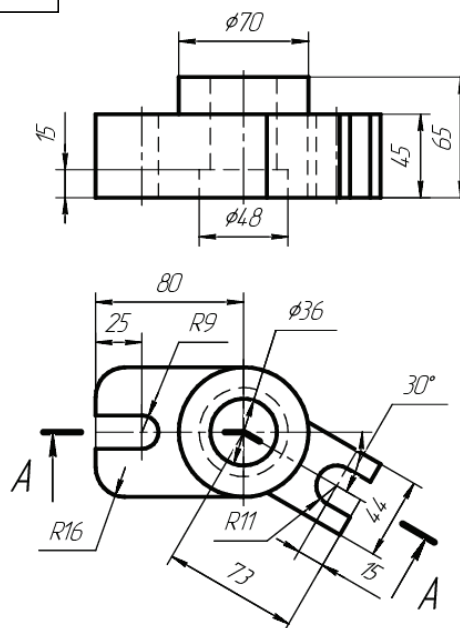
Корпус

21



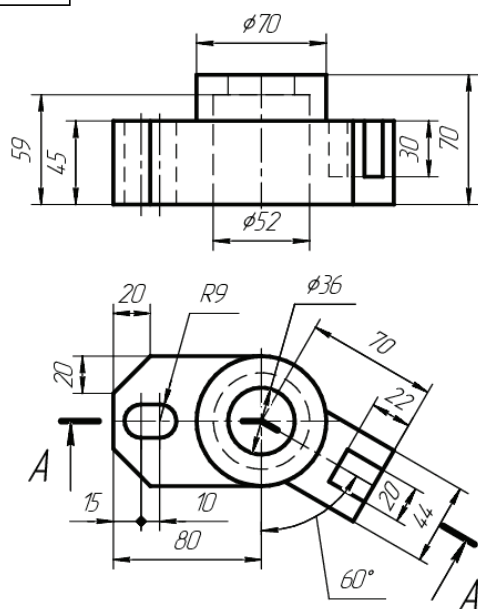
Опора

22



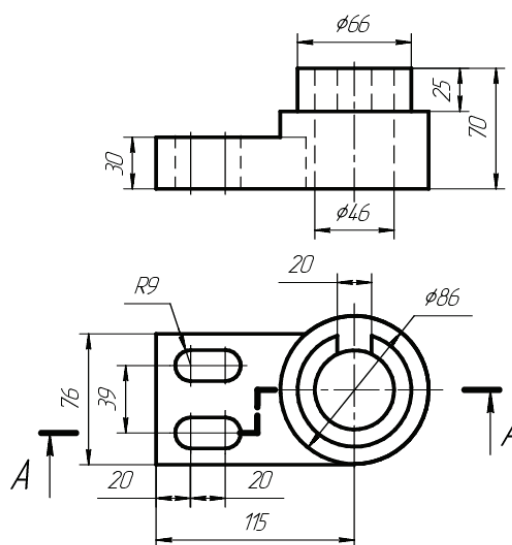
Направляющая

23



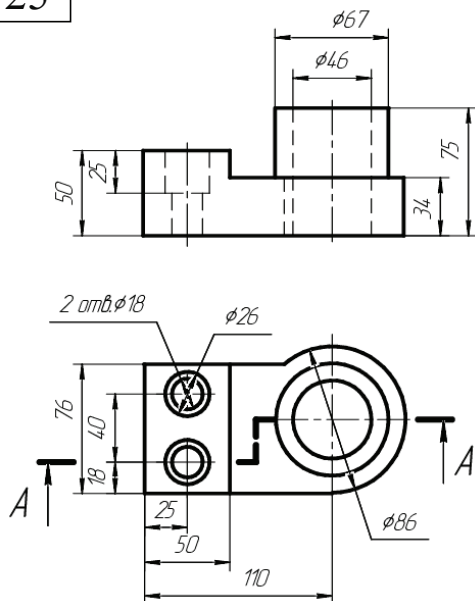
Корпус

24



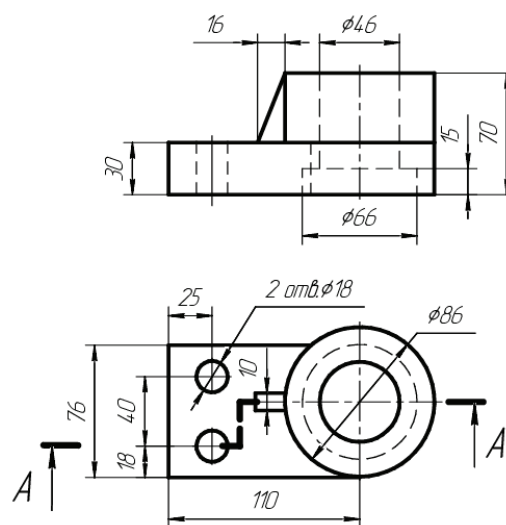
Основание

25



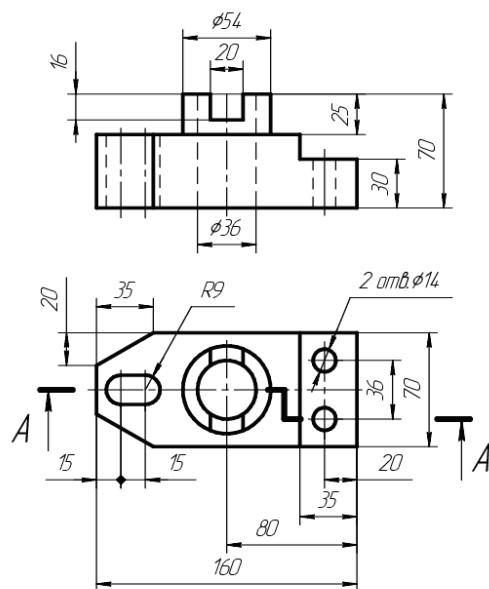
Опора

26



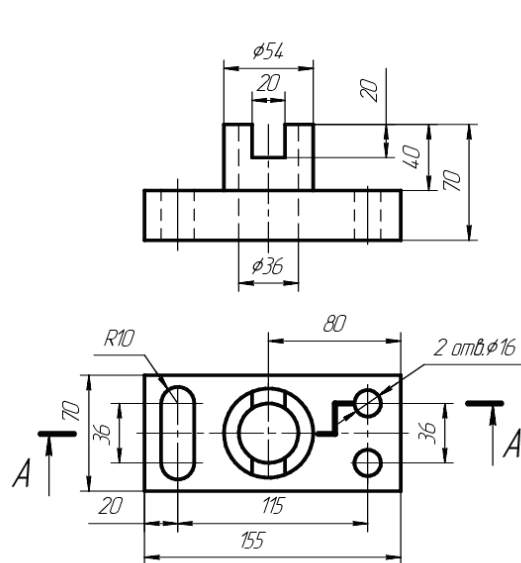
Корпус

27



Основание

28



Станина

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Резьба метрическая. Диаметры и шаги (ГОСТ 8724-2002)

Номинальный диаметр резьбы, $d = D$			Шаг, P								
1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	круп- ный	мелкий							
				4	3	2	1,5	1,25	1	0,75	0,5
4			0,7								0,5
	4,5		0,75								0,5
5			0,8								0,5
		5,5									0,5
6			1								0,5
	7		1							0,75	0,5
8			1,25						1	0,75	0,5
		9	1,25						1	0,75	0,5
10			1,5					1,25	1	0,75	0,5
		11	1,5						1	0,75	0,5
12							1,5	1,25	1	0,75	0,5
	14		2				1,5	1,25	1	0,75	0,5
		15					1,5		1		
16			2				1,5		1	0,75	0,5
		17					1,5		1		
	18		2,5			2	1,5		1	0,75	0,5
20			2,5			2	1,5		1	0,75	0,5
	22		2,5			2	1,5		1	0,75	0,5
24			3			2	1,5		1	0,75	
		25				2	1,5		1		
		26					1,5				
	27		3			2	1,5		1	0,75	
		28				2	1,5		1		
30			3,5		(3)	2	1,5		1	0,75	
		32				2	1,5				

Номинальный диаметр резьбы, $d = D$			Шаг, P								
1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	круп- ный	мелкий							
				4	3	2	1,5	1,25	1	0,75	0,5
	33		3,5		(3)	2	1,5		1	0,75	
		35					1,5				
36			4		3	2	1,5		1		
		38					1,5				
	39		4		3	2	1,5		1		
		40			3	2	1,5				
42			4,5	4	3	2	1,5		1		
	45		4,5	4	3	2	1,5		1		
48			5	4	3	2	1,5		1		

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Выход резьбы. Сбеги, недорезы, проточки и фаски (ГОСТ 10549–80)

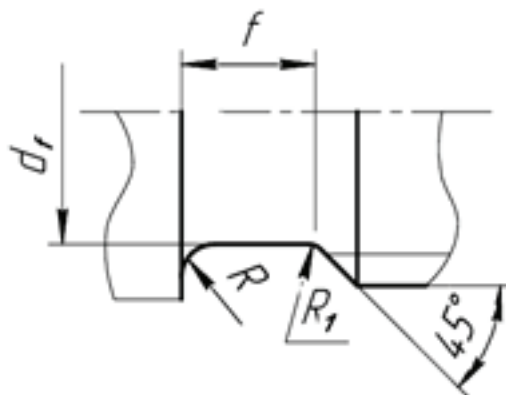


Рис. П4.1. Проточки и фаски для наружной резьбы

Таблица П4.1

Размеры для наружной резьбы (по детали на рис. П4.1)

Шаг резьбы	Проточка				Фаска	Сбег, не более	Недорез, не более
	f	R	R_1	df			
1	3,0	1,0	0,5	d — 1,5	1,0	1,8	
1,25	4,0			d — 1,8	1,6	2,2	4,0
1,5				d — 2,2		2,8	
1,75				d — 2,5		3,2	
2	5,0	1,6		d — 3,0	2,0	3,5	5,0
2,5	6,0		1,0	d — 3,5	2,5	4,5	6,0
3		d — 4,5		5,2			
3,5	8,0	2,0		d — 5,0		6,3	8,0
4		d — 6,0		3,0	7,1		
4,5	10,0	3,0	d — 6,5			8,0	10,0

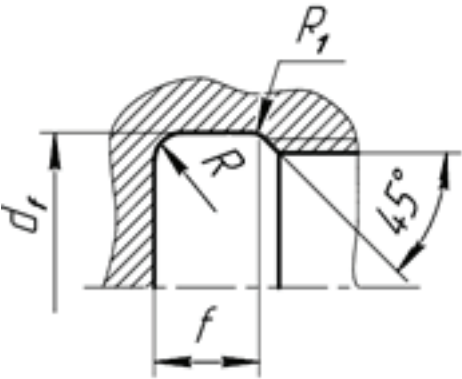


Рис. П4.2. Проточки и фаски для внутренней резьбы

Таблица П4.2

Размеры для внутренней резьбы (по детали на рис. П4.2)

Шаг резьбы	Проточка				Сбег, не более	Недорез, не более	Фаска
	f	R	R_l	df			
1	4,0	1,0	0,5	d + 0,5	2,7		1,0
1,25	5,0	1,6		d + 0,5	3,3	4,0	1,6
1,5	6,0		d + 0,7	4,0			
1,75	7,0		d + 0,7	4,7			
2	8,0		2,0	d + 1,0	5,5		
2,5	10,0	3,0	1,0	d + 1,0	7,0	6,0	2,5
3				d + 1,2	5,7		
3,5				d + 1,2	6,6	8,0	3,0
4				12,0	d + 1,5		
4,5	14,0			d + 1,5	8,5	10,0	4,0

ОГЛАВЛЕНИЕ

.....

Введение.....	3
1. Общие правила оформления чертежей	4
1.1. Форматы.....	5
1.2. Масштабы	8
1.3. Линии	8
1.4. Шрифты чертежные	11
1.5. Графическое обозначение материалов на чертежах.....	13
1.6. Нанесение размеров	14
1.7. Выполнение изображения детали.....	19
1.7.1. Виды.....	20
1.7.2. Разрезы.....	24
1.7.3. Сечения.....	33
1.8. Аксонометрические проекции.....	41
1.8.1. Изометрическая проекция	43
1.8.2. Фронтальная диметрическая проекция.....	44
1.8.3. Условности в аксонометрии	46
Задания для самостоятельной работы по теме «Общие правила оформления чертежей»	47
Задание 1. Простые разрезы	47
Задание 2. Сложный разрез	48
Задание 3. Аксонометрическая проекция.....	48
2. Чертежи деталей машиностроения	53
2.1. Классификация деталей	53
2.2. Чертежи деталей, изготовленных механической обработкой	54
2.2.1. Основные конструктивные элементы механически обработанных деталей	54
2.2.2. Резьба. Изображение резьбы	59
2.2.3. Этапы создания рабочего чертежа детали	73

Задание для самостоятельной работы по теме «Чертежи деталей, изготовленных механической обработкой»	83
2.3. Особенности выполнения чертежа пружин	96
Изображение пружины на чертеже	96
2.4. Особенности выполнения чертежей деталей, изготавливаемых литьем	97
2.4.1. Способы изготовления литых деталей	97
2.4.2. Конструктивные элементы литых деталей	102
2.4.3. Особенности чертежа детали, полученной литьем с последующей механической обработкой	106
Задание для самостоятельной работы по теме «Особенности выполнения чертежей деталей, изготавливаемых литьем»	116
2.5. Особенности выполнения чертежа детали, полученной листовой штамповкой	117
2.6. Конструкционные материалы и их условное обозначение	119
Библиографический список	121
Приложение 1. Задания к выполнению домашней работы по теме «Простые разрезы»	123
Приложение 2. Задания к выполнению домашней работы по теме «Сложные разрезы»	130
Приложение 3. Резьба метрическая. Диаметры и шаги (ГОСТ 8724–2002)	137
Приложение 4. Выход резьбы. Сбеги, недорезы, проточки и фаски (ГОСТ 10549–80)	139

Учебное издание

Лукинских Светлана Владимировна
Баранова Любовь Вениаминовна
Сидякина Татьяна Ивановна

**Инженерная графика.
Выполнение рабочих чертежей деталей**

Редактор А. А. Трофимова
Верстка Е. В. Ровнушкиной

Подписано в печать 24.10.2019. Формат 60×84 1/8.
Бумага писчая. Цифровая печать. Усл. печ.л. 16,74.
Уч.-изд. л. 7,5. Тираж 40 экз. Заказ 274.

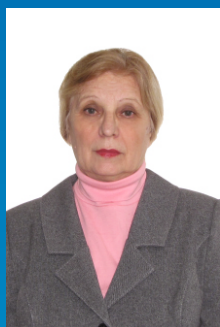
Издательство Уральского университета
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5
Тел.: 8 (343) 375-48-25, 375-46-85, 374-19-41
E-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел.: 8 (343) 358-93-06, 350-58-20, 350-90-13
Факс: 8 (343) 358-93-06
<http://print.urfu.ru>



ЛУКИНСКИХ СВЕТЛАНА ВЛАДИМИРОВНА

Кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики УрФУ им. Б. Н. Ельцина, специалист в области инженерной графики и автоматизации проектирования, автор ряда учебных пособий по инженерной графике и проектированию в CAD/CAE-системах, разработчик электронного образовательного ресурса «Инженерная графика».



БАРАНОВА ЛЮБОВЬ ВЕНИАМИНОВНА

Старший преподаватель кафедры инженерной графики УрФУ им. Б. Н. Ельцина с многолетним опытом преподавания дисциплин «Инженерная графика», «Начертательная геометрия», автор ряда учебных пособий по начертательной геометрии и инженерной графике, участник разработки электронного образовательного ресурса «Инженерная графика».



СИДЯКИНА ТАТЬЯНА ИВАНОВНА

Старший преподаватель кафедры инженерной графики УрФУ им. Б. Н. Ельцина, преподает дисциплины «Технический рисунок», «Начертательная геометрия», «Инженерная графика», автор ряда учебных пособий по техническому рисунку, начертательной геометрии, инженерной графике, участник разработки электронного образовательного ресурса «Инженерная графика».